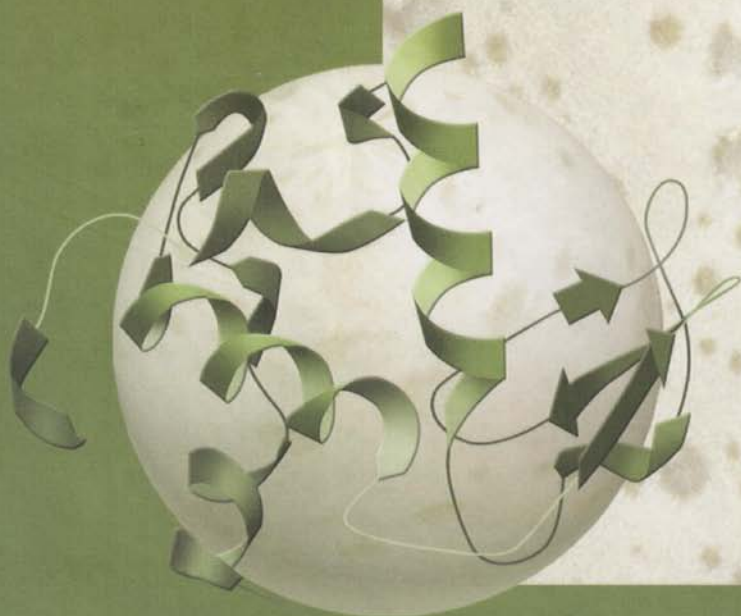


А.Г. Храмцов

ФЕНОМЕН



МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ



MEGA
ПРОФИЛАЙН

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ



А. Г. Храмцов

ФЕНОМЕН МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Санкт-Петербург

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ**

2011

УДК 637.344
ББК 36.95
Хр 88

Рецензенты:

К. К. Полянский — доктор техн. наук, профессор, засл. деятель науки РФ;
П. Г. Нестеренко — доктор техн. наук, засл. работник пищевой индустрии РФ;
Г. В. Бурцев — инж., начальник цеха сушки МК «Ставропольский»

Храмцов А. Г.

Хр88 Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмцов. — СПб.: Профессия, 2011. — 804 с., табл., ил.

ISBN 978-5-904757-18-2

В монографии обобщены как традиционные, так и инновационные проекты в области переработки и использования молочной сыворотки. Автор, имеющий более чем 50-летний опыт исследовательской и практической работы в молочной отрасли, не только систематизирует имеющуюся информацию, но и предлагает оригинальные решения по широкому спектру вопросов, связанных с переработкой молочной сыворотки — от технологии до маркетинга, экономики производства и экологии.

Рассмотрены состав, свойства, ценность и управление качеством исходной молочной сыворотки, ее ультрафильтратов, а также бесказиновой фазы; описаны современные способы направленной и управляемой обработки сыворотки. Впервые сформулированы понятия «код жизни» и «системология компонентов сыворотки». Кратко описана технология продуктов с полным использованием всех компонентов сыворотки, их селективное извлечение и синтез производных на наноуровне. Показаны направления наиболее рационального использования получаемых продуктов. Приведена информация по технологическому аудиту и контролю качества.

Автором сформирована технологическая платформа модернизации молочного дела на принципах замкнутого производственного цикла.

Издание рассчитано на специалистов молочного дела, пищевых производств, сельского хозяйства, а также на преподавателей, студентов (бакалавров, магистров), аспирантов пищевых вузов.

УДК 637.344
ББК 36.95

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Менеджер проекта проф. И. А. Евдокимов
Консультант проекта проф. Л. А. Остроумов

ISBN 978-5-904757-18-2

© Храмцов А. Г., 2011
© ИД «Профессия», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	11
Предисловие	12
Книга прогресса	13
Введение	14
Перечень основных аббревиатур и специальных сокращений	16

Раздел I. Спрятанное сокровище 19

Вступление. Общие сведения о молочной сыворотке	21
---	----

Глава 1. Мониторинг молочной сыворотки 24

1.1. Общие положения	24
1.2. Характеристика молочной сыворотки как биотехнологической системы	25
1.3. Состав, свойства и ценность молочной сыворотки	28
1.4. Идентификация основных компонентов молочной сыворотки	44
1.4.1. Липидный комплекс	45
1.4.2. Азотсодержащий комплекс	46
1.4.3. Углеводный комплекс молочной сыворотки	53
1.4.4. Минеральный комплекс	57
1.4.5. Витаминный комплекс	58
1.4.6. Другие составные части	59
1.4.7. Технологические свойства молочной сыворотки	60
1.5. Осмофорические соединения молочной сыворотки	62
1.5.1. Обоснование проблематики	62
1.5.2. Идентификация и определение осмофорических компонентов творожной сыворотки	65
1.5.3. Оценка качества творожной сыворотки и ее модифицированных форм с применением мультисенсорной системы	68
1.5.4. Прогнозирование показателей качества творожной сыворотки с применением мультисенсорной системы и искусственных нейронных сетей	70
1.6. Биотермодинамические параметры молочной сыворотки	71
1.7. Микробный пул молочной сыворотки	75
1.8. Резюме по главе 1	87
1.9. Литература к главе 1	88

Глава 2. Квалиметрия молочной сыворотки 92

2.1. Общие положения	92
2.2. Адаптация требований Технического регламента к молочной сыворотке	92
2.3. Экспертиза молочной сыворотки	98
2.3.1. Идентификация и экспертиза	98
2.3.2. Методы контроля	102
2.3.3. Консервирование молочной сыворотки-сырья	104
2.4. Безопасность молочной сыворотки в соответствии с ХАССП	105
2.5. Резюме по главе 2	110
2.6. Литература к главе 2	111

Глава 3. Маркетинг молочной сыворотки 113

3.1. Общие положения	113
3.2. Обоснование необходимости промышленной переработки и рационального использования молочной сыворотки	114
3.3. Экономическая составляющая	127
3.4. Экологические аспекты	133
3.5. Резюме по главе 3	134
3.6. Литература к главе 3	135

Глава 4. Жизненный цикл молочной сыворотки 138

4.1. Общие положения	138
4.2. Исторический экскурс по переработке и использованию молочной сыворотки	139

4.3.	Краткий анализ информационного файла по переработке и использованию молочной сыворотки	142
4.3.1.	Обзор книжных изданий	142
4.3.2.	Патентная ситуация	143
4.3.3.	Тематическая подборка	146
4.3.4.	Международные конференции	148
4.3.5.	Симпозиум ММФ «Лактоза и ее производные»	165
4.3.6.	Международные научно-технические семинары	170
4.3.7.	Тематические номера отраслевых журналов	175
4.4.	Промышленный опыт переработки и использования молочной сыворотки	177
4.5.	Резюме по главе 4	185
4.6.	Литература по главе 4	186
Раздел II.	Не навреди	191
Вступление	Современные энергосберегающие и экологически чистые способы промышленной обработки молочной сыворотки	193
Глава 5.	Кондиционирование молочной сыворотки	199
5.1.	Общие положения	199
5.2.	Обоснование технического решения	200
5.3.	Результаты лабораторных исследований и производственных испытаний	201
5.4.	Микрофилтрационная обработка молочной сыворотки	203
5.5.	Инновационная технология низкотемпературной микрофилтрационной обработки молочной сыворотки с использованием термизации	208
5.6.	Оценка эффективности кондиционирования молочной сыворотки	208
5.7.	Резюме по главе 5	210
5.8.	Литература к главе 5	211
Глава 6.	Сепарирование молочной сыворотки	213
6.1.	Общие положения	213
6.2.	Характеристика молочной сыворотки и ее концентратов как объектов центробежного разделения (сепарирования)	214
6.3.	Научно-технические предпосылки сепарирования молочной сыворотки	217
6.4.	Эффективность процесса выделения казеиновой пыли и молочного жира из молочной сыворотки и ее концентратов в двухсекционном барабане сепаратора ..	220
6.5.	Закономерности выделения белкового осадка из шламового пространства барабана сепаратора	221
6.6.	Зарубежные схемы сепарирования молочной сыворотки	223
6.7.	Резюме по главе 6	224
6.8.	Литература к главе 6	225
Глава 7.	Молекулярно-ситовая фильтрация молочной сыворотки	226
7.1.	Общие положения	226
7.2.	Баромембранное разделение несепарированной подсырной сыворотки ультрафилтрацией	229
7.3.	Разделение молочной сыворотки баро- и электромембранными методами	238
7.3.1.	Закономерности концентрирования сывороточных белков	238
7.3.2.	Оптимизация процесса электродиализного обессоливания	242
7.4.	Резюме по главе 7	247
7.5.	Литература к главе 7	248
Глава 8.	Структурирование молочной сыворотки	251
8.1.	Общие положения	251
8.2.	Процессы получения и разрушения пенообразных дисперсных систем на основе молочной сыворотки	251
8.2.1.	Теоретические предпосылки пенообразования применительно к молочной сыворотке	252
8.2.2.	Взаимосвязь состава молочной сыворотки с ее пенообразующей активностью	253
8.2.3.	Концепция формирования пенообразных дисперсных систем на основе молочной сыворотки	258

8.2.4. Управление процессом ненообразования в молочной сыворотке	259
8.3. Структурирование концентратов молочной сыворотки	262
8.3.1. Теоретические предпосылки и научно-технические решения структурирования в концентратах молочной сыворотки	262
8.3.2. Математическая модель контроля качества концентрата молочной сыворотки	264
8.3.3. Интенсивность светопропускания КМС	265
8.3.4. Поверхностное натяжение КМС	266
8.3.5. Размер кристаллов лактозы	267
8.4. Структурирование молочной сыворотки с промежуточной влажностью	270
8.4.1. Теоретическое обоснование технологии концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью	270
8.4.2. Экспериментальное моделирование соотношения компонентов в концентратах с промежуточной влажностью «молочная сыворотка– метилцеллюлоза»	272
8.4.3. Физико-химические и структурно-механические показатели концентратов молочной сыворотки с промежуточной влажностью	273
8.4.4. Структурообразование в бифидогенных сывороточных концентратах	277
8.5. Резюме по главе 8	279
8.6. Литература к главе 8	280
Глава 9. Гелеобразование в молочной сыворотке	284
9.1. Общие положения	284
9.2. Теоретические предпосылки физико-химических процессов гелеобразования в молочной сыворотке	284
9.3. Закономерности управления процессом гелеобразования в молочной сыворотке	290
9.4. Классификация гелей на основе молочной сыворотки	291
9.5. Резюме по главе 9	293
9.6. Литература к главе 9	294
Глава 10. Модификация молочной сыворотки экстракцией	295
10.1. Общие положения	295
10.2. Модификация молочной сыворотки препаратами стевии	295
10.2.1. Научно-технические предпосылки экстракции на молочной сыворотке	296
10.2.2. Состав и свойства молочно-растительного экстракта — новой модифицированной формы творожной сыворотки	296
10.3. Модификация молочной сыворотки солодкой голой с использованием ЭХА-воды и хитозана	299
10.3.1. Теоретическое обоснование использования молочной сыворотки в качестве сырьевого ресурса для получения регуляторов роста растений	299
10.3.2. Получение и исследование комплексных препаратов на основе молочной сыворотки и ЭХА-воды с применением методов сорбции и ферментации	301
10.3.3. Технология комплексного препарата из молочной сыворотки и экстрактов лекарственных растений	304
10.4. Модификация молочной сыворотки эхинацей пурпурной	306
10.4.1. Исследование процесса экстракции эхинацеи пурпурной	306
10.4.2. Изучение химического состава и биологической активности пищевой добавки из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой	308
10.4.3. Токсикологическая оценка пищевых добавок из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой	313
10.5. Резюме по главе 10	314
10.6. Литература к главе 10	315
Глава 11. Микропартикуляция белков молочной сыворотки	318
11.1. Общие положения	318
11.2. Получение заменителей жира на основе денатурированных белков молочной сыворотки	319
11.3. Денатурация как этап микропартикуляции сывороточных белков	324
11.4. Резюме по главе 11	327
11.5. Литература к главе 11	328

Глава 12. Гранулирование молочной сыворотки методом окатывания	330
12.1. Общие положения	330
12.2. Теоретические основы гранулирования с окатыванием	331
12.3. Особенности структурообразования гранул молочной сыворотки	332
12.3.1. Молочная сыворотка как объект гранулирования	332
12.3.2. Выбор способа гранулирования и особенности формирования гранул молочной сыворотки	335
12.3.3. Исследование структурно-механических свойств сыворотки и сывороткосодержащих композиций	338
12.4. Особенности процесса гранулирования сывороткосодержащих композиций	342
12.5. Резюме по главе 12	344
12.6. Литература к главе 12	345
Глава 13. Биотрансформация компонентов молочной сыворотки	347
13.1. Общие положения	347
13.2. Особенности гидролиза лактозы в молочной сыворотке	349
13.2.1. Технологические параметры гидролиза лактозы в молочной сыворотке ферментным препаратом <i>Ha-Lactase</i> из молочных дрожжей <i>K. fragilis</i>	350
13.2.2. Ферментативный гидролиз лактозы в ультрафильтратах (пермеатах) молочной сыворотки	353
13.3. Современные способы синтеза лактулозы	358
13.3.1. Синтез лактулозы с гуанидином в ультрафильтратах молочной сыворотки	359
13.3.2. Изомеризация лактозы в лактулозу на ионитах	362
13.3.3. Специфика изомеризации лактозы в лактулозу в концентратах молочной сыворотки	367
13.3.4. Изучение процесса изомеризации лактозы в лактулозу в присутствии небелкового азота	369
13.4. Биотрансформация лактозы и ее производных микроорганизмами	370
13.4.1. Культивирование лактозуосваивающих дрожжей в технологии лактулозы	371
13.4.2. Влияние заквасочной микрофлоры на содержание лактулозы в различных кисломолочных продуктах	380
13.4.3. Влияние лактулозы на биохимические свойства микрофлоры и процессы структурообразования в кисломолочных продуктах	383
13.4.4. Биотехнологическая обработка бесказеиновой фазы	386
13.4.5. Биотрансформация лактозы и лактулозы в модифицированных питательных средах	389
13.5. Гидролиз сывороточных белков	394
13.6. Резюме по главе 13	401
13.7. Литература к главе 13	403
Глава 14. Научно-технические основы биомембранной обработки молочной сыворотки	411
14.1. Общие положения	411
14.2. Биомембранная обработка бесказеиновой фазы	412
14.2.1. Теоретические основы биомембранной обработки	412
14.2.2. Разделение компонентов бесказеиновой фазы ультрафильтрацией	417
14.2.3. Деминерализация бесказеиновой фазы электродиализом	418
14.3. Биотрансформация сывороточных белков полисахаридами	420
14.4. Резюме по главе 14	424
14.5. Литература к главе 14	425
Глава 15. Формирование систем обработки молочной сыворотки	428
15.1. Общие положения	428
15.2. Системы комплексного использования молочной сыворотки	428
15.3. Системы извлечения компонентов из молочной сыворотки	437
15.4. Системы синтеза производных компонентов молочной сыворотки	439
15.5. Резюме по главе 15	443
15.6. Литература к главе 15	445

Раздел III. Портфель инноваций 447

Вступление	Технологическая платформа инновационных технологий продуктов из молочной сыворотки	449
Глава 16.	Продукты с полным использованием сухих веществ молочной сыворотки	455
16.1.	Общие положения	455
16.2.	Альтернативные варианты технологии тонизирующих напитков	455
16.2.1.	Экспертная система напитков <i>LactoWay</i> на основе молочной сыворотки	456
16.2.2.	Оригинальные освежающие напитки на основе молочной сыворотки, айрапа и минеральной воды с лактулозой	469
16.2.3.	Линейка напитков «Био-Ритм»	478
16.2.4.	Напитки с использованием концентратов молочной сыворотки	480
16.2.5.	Инновационные технологии напитков из молочной сыворотки с пониженным содержанием лактозы	481
16.3.	Инновационные технологии концентратов молочной сыворотки в сгущенном виде	485
16.3.1.	Технология концентрата молочной сыворотки (КМС)	485
16.3.2.	Технология блочной молочной сыворотки с промежуточной влажностью (КМС-ПВ)	491
16.3.3.	Технология бифидогенных концентратов из молочной сыворотки с промежуточной влажностью	499
16.4.	Сухие продукты на основе молочной сыворотки	506
16.4.1.	Инновационные технологии сухих бифидогенных концентратов на основе молочной сыворотки	507
16.4.2.	Биомембранная технология молочного полисахаридного концентрата (МПК)	514
16.5.	Резюме по главе 16	521
16.6.	Литература к главе 16	522
Глава 17.	Продукты на основе компонентов молочной сыворотки	528
17.1.	Общие положения	528
17.2.	Продукты на основе казеиновой пыли и молочного жира	529
17.3.	Продукты на основе белковых веществ молочной сыворотки	536
17.4.	Продукты на основе казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков	538
17.5.	Совместная термокислотная коагуляция пастеризованной молочной сыворотки, обезжиренного молока и пшеницы по технологии «Термо»	542
17.6.	Белковые продукты на основе УФ-концентратов молочной сыворотки	543
17.7.	Инновационные прорывы по фракционированию белков молочной сыворотки	545
17.7.1.	β -Лактоглобулин	545
17.7.2.	α -Лактальбумин	546
17.7.3.	Ангиогенин	547
17.7.4.	Лактоферрин	548
17.7.5.	L-карнитин	551
17.7.6.	Факторы роста (цитокины)	554
17.7.7.	Фолат-связанный белок	554
17.7.8.	Остеопонтин	554
17.8.	Феномен сиаловых кислот	555
17.9.	Инновационные технологии молочного сахара (лактозы)	557
17.9.1.	Маркетинг молочного сахара (лактозы), как промышленного товара	557
17.9.2.	Инновационные приоритеты технологий молочного сахара	560
17.10.	Минерализат молочной сыворотки — новый инновационный продукт	565
17.11.	Вода молочной сыворотки — скрытые возможности	570
17.12.	Резюме по главе 17	570
17.13.	Список литературы к главе 17	571
Глава 18.	Продукты на основе производных компонентов молочной сыворотки.	576
18.1.	Общие положения	576
18.2.	Гидролизаты лактозы	576
18.2.1.	Исследование состава и показателей качества опытных образцов концентратов гидролизованной лактозы	578

18.2.2.	Влияние степени гидролиза на показатели качества и хранимостпособность концентрата	580
18.2.3.	Разработка технологии концентратов на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой	583
18.2.4.	Определение рисков и критических контрольных точек с использованием принципов ХАССП	584
18.2.5.	Маркетинг и экономическая эффективность производства глюкозо-галактозных концентратов	585
18.3.	Гидролизаты сывороточных белков	587
18.3.1.	Технология гидролизатов термически осаждаемых сывороточных белков	587
18.3.2.	Технология ферментативных гидролизатов молочных белков и специализированных продуктов на их основе	588
18.3.3.	Технология гидролизатов молочных белков специального назначения с пониженным содержанием фенилаланина	590
18.3.4.	Перспективные технологии пребиотических концентратов с регулируемым аминокислотным и углеводным составом	591
18.3.5.	Гидролиз белков сыворотки: новые функциональные возможности	596
18.4.	Инновационные технологии лактулозы	597
18.4.1.	Синтез лактулозы гуанидином	597
18.4.2.	Технология концентрата лактулозы с использованием высокоэффективного катализатора	599
18.4.3.	Технология концентрата лактулозы на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья	600
18.5.	Резюме по главе 18	602
18.6.	Список литературы к главе 18	604
Раздел IV	Поле инновационной деятельности	609
Вступление	Пути рационального использования продуктов из молочной сыворотки	611
Глава 19.	Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в пищевых целях.	614
19.1.	Общие положения	614
19.2.	Технология мягких термокислотных сыров на основе молочной сыворотки	616
19.2.1.	Сывороточные сыры бренда «Лакточиз»	618
19.2.2.	Мягкие сывороточные сыры с бифидогенным фактором	621
19.2.3.	Использование неспариванной подсырной сыворотки при производстве мягких сыров	622
19.2.4.	Использование денатурированных сывороточных белков в технологии мягких термокислотных сыров	627
19.2.5.	Сывороточные пастообразные сыры	628
19.2.6.	Использование молочной сыворотки и сывороточных белков в производстве плавленых и домашних сыров	628
19.3.	Использование неспариванной творожной сыворотки в технологии творога и творожных изделий	630
19.4.	Использование молочной сыворотки при производстве структурированных продуктов питания	634
19.4.1.	Технология продуктов на основе пенообразных дисперсных систем молочной сыворотки	636
19.4.2.	Технология продуктов на основе желирования молочной сыворотки	639
19.4.3.	Гелеобразные напитки на основе молочной сыворотки	649
19.5.	Технологии продуктов с применением модифицированных форм творожной сыворотки	655
19.6.	Использование гранулирования и окатывания молочной сыворотки в технологии быстрорастворимых напитков	669
19.7.	Использование сухой молочной сыворотки, лактулозы и сывороточных белков в функциональных молочных продуктах	673
19.8.	Использование молочной сыворотки при производстве хлебобулочных, кондитерских изделий, конфет и шоколада	681

19.9.	Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в технологии мясопродуктов	688
19.10.	Резюме по главе 19	697
19.11.	Литература к главе 19	698
Глава 20.	Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в кормовых целях	706
20.1.	Общие положения	706
20.2.	Использование натуральной, сгущенной и сухой молочной сыворотки при производстве ЗЦМ	706
20.3.	Использование натуральной, сгущенной и сухой молочной сыворотки при производстве кормовых добавок нового поколения	714
20.4.	Использование производных компонентов молочной сыворотки при получении кормовых добавок с функциональными свойствами	719
20.5.	Возможности использования компонентов молочной сыворотки для кормления домашних животных	735
20.6.	Использование молочной сыворотки при силосовании кормов	737
20.7.	Перспективные направления при производстве кормовых добавок на основе молочной сыворотки	742
20.8.	Резюме по главе 20	743
20.9.	Литература к главе 20	744
Глава 21.	Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в медицине и ветеринарии	745
21.1.	Общие положения	745
21.2.	Медицинские аспекты применения молочной сыворотки	746
21.3.	Медицинские аспекты применения лактозы и ее производных	749
21.4.	Использование пищевых добавок с лактулозой при производстве продуктов питания общего и целевого назначения	758
21.4.1.	Использование пищевых добавок с лактулозой при производстве молочных продуктов	759
21.4.2.	Применение биологически активных комплексов на основе лактулозы в мясной промышленности	762
21.5.	Медицинские аспекты применения сывороточных белков	762
21.6.	Применение молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в профилактике и лечении животных	765
21.7.	Резюме по главе 21	772
21.8.	Литература к главе 21	773
Глава 22.	Использование молочной сыворотки в технических целях	775
22.1.	Общие положения	775
22.2.	Использование молочной сыворотки в строительстве	776
22.3.	Пенообразование и пеногашение в молочной сыворотке	779
22.3.1.	Пенообразователи	779
22.3.2.	Пеногасители	780
22.4.	Получение регуляторов роста растений	783
22.4.1.	Получение комплексных препаратов на основе молочной сыворотки и ЭХА-воды с применением методов сорбции и ферментации	783
22.4.2.	Регуляторы роста растений на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной	786
22.5.	Резюме по главе 22	790
22.6.	Литература к главе 22	791
Заключение	Найденное сокровище	793
	Получение всех компонентов молочной сыворотки в комплексе	794
	Извлечение отдельных компонентов из молочной сыворотки	795
	Синтез производных компонентов молочной сыворотки	796
	Девиз и резюме автора	799
Приложение	на правах рекламы: Технология и оборудование для сушки молока и сыворотки фирмы "ВЗДУХОТОРГ"	800

Издательство «Профессия» и автор выражают признательность всем коллегам и специалистам молочного дела, благодаря помощи которых эта книга смогла выйти в свет. Очень важную роль в подготовке книги сыграли:

академики Россельхозакадемии:

Владимир Дмитриевич Харитонов (НК, МСР, ВНИМИ, г. Москва);

Иван Федорович Горлов (ПНИИПП, г. Волгоград);

профессора:

Иван Алексеевич Евдокимов (СевКавГТУ, г. Ставрополь);

Лев Александрович Остроумов (КТИПП, г. Кемерово);

Александр Юрьевич Просеков (КТИПП, г. Кемерово);

Римас Раманаускас (ЛПИ, г. Каунас);

Михаил Павлович Щетинин (АлтГТУ им. Ползунова, г. Барнаул);

Павел Елен (Университет Альберта, Канада);

Иван Задов (НИЛ молока, Австралия);

Валентин Иванович Шипулин (СевКавГТУ, г. Ставрополь);

Заслуженный работник пищевой индустрии РФ

Сергей Владимирович Анисимов (МКС, г. Ставрополь);

доктора технических наук:

Евгения Анатольевна Николаева (СибУпак, г. Барнаул);

Аркадий Николаевич Пономарев (ВМК, г. Воронеж);

Георгий Юрьевич Сажин (Нутритек, Москва)

Генеральные директора:

Евгений Николаевич Хворостина (трест «Южный Сахар», Кубань);

Владимир Александрович Барсуков (КМКК, Кузбасс);

Станислав Людвигович Люблинский (НАБИТЕК, г. Пушкин);

доктора философии (кандидаты наук):

Павел Мертин (ВЗДУХОТОРГ, Словакия);

Любош Новак (МЕГА, Чехия);

кандидаты технических наук:

Дмитрий Николаевич Володин (МЕГА-Профилайн, г. Ставрополь);

Артур Фуадович Лафишев (Хладокомбинат, г. Черкесск, КЧР);

Константин Васильевич Обьедков (БелНИИММП, г. Минск)

Светлой памяти сына Андрюши посвящаю настоящий труд

«Мало жил, но сделал много
Отдал людям сердца свет.
На своих путях-дорогах
Ты оставил звездный след».
Народный поэт и мой кунак
Азамат Суюнцев. Сыну

От автора

Уважаемый коллега, читатель!

Перед Вами результат более чем 50-летней производственной (Алтай — Чарыш, Алтайское, Барнаул), научной (ВНИИМС и СКФ ВНИИМС), педагогической (ВГТА и СевКавГТУ) деятельности в области тематики настоящей монографии.

Решение взяться за этот непростой труд, при согласии моих близких, пришло в результате разговора с другом и коллегой, который много лет «питает и чистит» свой организм товарной молочной сывороткой МК «Ставропольский». При этом он ссылается на свой опыт молодости по «очистке» мотора автомобиля кислой, отваренной сывороткой. Не случайно, например, у Марии Семеновой в романе «Волкодав» могучее племя северных народов заливало все кушанья сывороткой. Для профессионалов это дает еще одну мотивацию изучения, переработки и использования феноменального продукта.

Базой для формирования настоящей монографии является отечественный (работа на 29 и наблюдения более чем на 100 молочных предприятиях), а также зарубежный опыт (впечатления от посещения предприятий Польши, Голландии, Румынии, Болгарии, Венгрии, Австрии и США), историческая — не менее 400 лет — и современная информация, учтен и портфель личных публикаций (более 1000 наименований — в основном в соавторстве и в составе творческих коллективов, в т. ч. 50 книжных изданий и 100 патентов).

Исходные материалы для монографии, накопленные за полувековой период, насчитывали до 30 000 стр. текста. В них вошли материалы 10 докторских и 40 кандидатских диссертаций моих учеников и более 100 диссертаций из школ коллег, которые указываются по ходу изложения материала. Техническая обработка рукописи осуществлена моими докторантами А. Д. Лодыгиным и Н. М. Пановой с участием аспирантов. Мне приятно, что предисловие подготовил мой преемник по службе и науке, профессор Иван Алексеевич Евдокимов, который не только развивает начатое его предшественниками, но и сформировал творческий коллектив энтузиастов-профессионалов. Рецензии уважаемых коллег-профессоров К. К. Полянского, П. Г. Нестеренко и инженера Г. В. Бурцева отсекали все побочное; советы академиков В. Д. Харитонов и И. Ф. Горлова, профессоров Л. А. Остроумова, Н. Б. Гавриловой и др.; материалы профессоров А. Ю. Просекова, А. М. Попова, Е. И. Мельниковой, Г. Б. Гаврилова, С. Г. Козлова, С. П. Бабенышева, П. А. Лисина, Л. В. Петровой и др. обогатили рукопись. Это также феномен профессионального благородства коллег, реализованный при нашей жизни!

Редакционная подготовка монографии к печати издательством «Профессия» (ген. директор С. И. Зуев, редактор Н. В. Смурыгина) является заслугой этого славного коллектива.

Особая благодарность спонсорам издания, а также проф. С. В. Василисину за помощь в вычитке гранок.

Профессор-консультант СевКавГТУ А. Г. Храмцов
Апрель 2010, г. Ставрополь

Предисловие

С огромным удовольствием представляю читателям эту необычную книгу, подготовленную известным ученым и основателем целой научной школы, академиком Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженным деятелем науки РФ, лауреатом премии Правительства РФ в области науки и техники, доктором технических наук, профессором Андреем Георгиевичем Храмцовым.

Я думаю, что даже у читателя, лично не знающего А. Г. Храмцова, его имя ассоциируется с молочной сывороткой. На протяжении всей своей творческой жизни Андрей Георгиевич готовит и выпускает книги, посвященные переработке вторичного молочного сырья и, конечно, молочной сыворотке. Кто не знает классические книги «Молочная сыворотка» («Пищевая промышленность», 1979; «Агропромиздат», 1990), «Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки» (Легкая и пищевая промышленность, 1982), «Справочник мастера по промышленной переработке молочной сыворотки» («Легкая и пищевая промышленность», 1983), «Переработка и использование молочной сыворотки: Технологическая тетрадь» («Россельхозиздат», 1989), «Технология продуктов из молочной сыворотки» («ДеЛи», 2004), «Лактоза и ее производные» («Профессия», 2007) и др.

И вот новая книга о феномене молочной сыворотки, которую автор рассматривает через призму последних научных и практических достижений в этой области. Интересна структура книги, которую предлагает А. Г. Храмцов. Казалось бы, она достаточно проста — последовательное изложение сведений о молочной сыворотке от «Спрятанного сокровища» (раздел 1) до «Найденного сокровища» (заключение). Но когда, уважаемый читатель, Вы начнете читать эту монографию, то смею Вас уверить, что вместо «занимательной» книги про «сокровища», Вы окунетесь в многогранный мир научных фактов и открытий, многие сведения о которых Вам неизвестны, а еще, как это ни печально это осознать, до конца не поняты и не объяснены. Объем представленной информации колоссален! В некоторых разделах книги автор предлагает читателю не только участвовать в процессе познания, но и попытаться сформировать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

Я знаю автора — Андрея Георгиевича Храмцова — достаточно давно, это мой учитель, и не перестаю удивляться его неиссякаемому творческому потенциалу и бесконечному стремлению познать неизведанное, о чем свидетельствует эта интереснейшая книга.

Доктор технических наук, профессор И. А. Евдокимов

Книга прогресса

Научный труд А. Г. Храмцова читается как увлекательное художественное произведение. Этому способствует четкая композиция, создающая литературную рамку: «Спрятанное сокровище» — «Найденное сокровище». Эта рамка охватывает всю историю изучения сыворотки — важной для человечества проблемы благодатного сырья и ценного для любого живого организма молочного продукта.

На конкретном добротном материале с использованием последних научных достижений, исследователь убедительно раскрывает тайну интригующего названия книги «Феномен молочной сыворотки». Поэтично как название, так и содержание работы, обладающей также достоинствами технического, технологического, экономического и экологического свойства.

Это исследование, несомненно, станет настольной книгой не только инженеров-технологов, но и всех, кто ежедневно использует этот молочный продукт, независимо от профессии и места в обществе.

Логически выверенные выводы, изложенные в форме резюме, особенно украшают работу своей глубиной и ясностью мышления, практически полезны, символичны как синтез самого объекта — сыворотки и ее производных. Введение и заключение, необходимые атрибуты в композиции исследования, лаконичны и хороши.

Одним из важных достоинств исследования ученого является воздание автором чести предшественникам и современникам, внесшим большой вклад в изучение молочного дела в России и за рубежом. Автор не считает себя единственным разработчиком темы, а опирается на всемирный опыт. Это делает работу фундаментальной и неуязвимой.

Мне посчастливилось испытать вкус и целебную силу не только коровьего и козьего молока в родном крае, но и попробовать овечье и верблюжье молоко в Казахстане, кумыс кобылиц Калмыкии и молоко дикой африканской антилопы-канны. Смеею заверить — это имело немалое значение для моей судьбы, жизненного и творческого долголетия. Мне скоро 90 лет. Как представитель горских народов Кавказа, где по традиции преклоняются перед «белым чудом природы» — молоком, хочу особенно отметить значение величия труда академика А. Г. Храмцова и выразить нашу огромную благодарность.

Данное исследование — результат полувековых поисков и находок в молочном деле, подвиг ученого, служащего прогрессу науки. Эта книга оригинальна, талантлива и масштабна. Она обращена не только к современникам, но и потомкам. Я считаю, что книга А. Г. Храмцова будет достойно оценена в научном мире и читательской среде.

Народный поэт Карачаево-Черкесской республики, лауреат республиканской литературной премии им. Касбота, член Союза писателей СССР и Российской Федерации, почетный доктор наук Карачаевского научно-исследовательского института, профессор Пятигорского государственного технологического университета, академик Международной Академии творчества, номинант «Золотой книги России: выдающиеся деятели образования и науки», участник ВОВ и Ветеран труда



Азамат Алимович Суюнчев,

05.10.2010 г., Карачаевск, КЧР РФ

Введение

Проблема полного и рационального использования молочной сыворотки является актуальной независимо от получаемых объемов, методов организации производства и форм собственности. Она сопровождает производство белково-жировых продуктов — сыров, творога, казеина и т.п. на протяжении всей жизни человечества и функционирования молочного дела АПК.

Поиском путей рационального использования молочной сыворотки занимались многие выдающиеся деятели на ниве молочного дела в нашем отечестве и за рубежом. Мой незабвенный учитель, который «нашел» и поддержал меня после перевода из отрасли с далекого Алтая во ВНИИМС (г. Углич), Михаил Сергеевич Коваленко говорил о молочной сыворотке как о полумолоке в хорошем понимании этого слова. А мой первый наставник Андрей Алексеевич Розанов сформулировал на основе своего жизненного опыта девиз-рекомендацию: «Молочный сахар, получаемый из молочной сыворотки, заслуживает внимания и творческих усилий всей жизни научного работника». В свете тематики монографии не могу умолчать о роли куратора продвижения молочной сыворотки Павла Фирсовича Крашенинина (генерального директора НПО «Углич»). И, конечно, особая роль в кадровом и научном обеспечении всего комплекса вопросов по данной проблеме принадлежит моему творческому куратору, известному ученому Николаю Никитовичу Липатову. Все эти корифеи молочного дела нашей страны, как и тысячи других преданных отрасли профессионалов, сделали возможным подготовку настоящей рукописи.

Девизом монографии выбрано крылатое выражение академика ВАСХНИЛ и РАСХН Н.Н. Липатова из предисловия к фундаментальной монографии наших зарубежных коллег — Т. Сенкевич и К.Л. Ридель «Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе» (Перевод с нем. канд. биол. наук Н.А. Эпштейн. — М.: ВО «Агропромиздат», 1989. — 270 с.). Только список литературы английской версии составляет 1329 наименований. Академик Н.Н. Липатов в предисловии подчеркнул, что книга посвящена одной из самых актуальных проблем молочной промышленности. Далее он указывает: «Эта проблема, а также вопросы, связанные с молочной сывороткой, ее составом, пищевой и биологической ценностью, переработкой и использованием, занимают главенствующее место в молочной промышленности всех развитых стран мира, и с каждым годом внимание к этой проблеме возрастает». Лучше и доказательнее не скажешь. Кстати, Н.Н. Липатов предлагал называть молочную сыворотку «молочно-белковое лактозосодержащее сырье». И уж никоим образом не относить ее к вторичному молочному сырью!

Апогеем информационного файла по молочной сыворотке, видимо, следует считать публикацию Стивена Луффа («Переработка молока», № 2, 2006, с. 39–41) под интригующим названием «Сыворотка как средство укрепления иммунитета» с аннотацией по поводу профилактики птичьего гриппа компонентами из молочной сыворотки. Кто устоит, если предлагается такой бренд? При этом следует заметить, что медицинское применение молочной сыворотки являлось предметом специальных исследований, результаты которых опубликованы в виде монографии «Молочная сыворотка, ее свойства и лечебное применение». (Челябинск: Юж-

но-Уральское кн. изд-во, 1973. — 132 с.). Автор — докт. мед. наук, проф. Х. И. Вайнштейн — зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней, который более 40 лет занимался данной тематикой. В монографии квалифицированно, с примерами, показана широкая возможность применения в медицине молочной сыворотки и продуктов из нее, особенно для восстановления и поддержания микробного пула организма человека. В специальной главе монографии эти вопросы будут освещены более подробно. Интересно, что в начале XX века в Европе действовало около 400 станций (типа современного санатория) по лечению молочной сывороткой. В этом же плане следует рассматривать рекомендации УП «БЕЛНИКТИММП» по применению добавок биологически активных жидких «Биосыворотка — L» и «Биосыворотка — LB» для санации и приема внутрь. Безусловно, это прорыв в деле оздоровления нации, а для молочной промышленности — рынок сбыта. Детальное освещение вопроса в главе 21.

Государственную значимость проблематики по теме и внимание к ней можно подтвердить премией Правительства РФ (2002 г.) в области науки и техники за разработку и реализацию отечественного пребиотика лактулозы (получаемой из лактозы и молочной сыворотки) для продуктов функционального питания и напитков нового поколения, а также грантом Президента Российской Федерации НШ 7510.2010.4 по государственной поддержке ведущих научных школ. Это наша гордость и мотивация действий.

На мировом уровне информационное обеспечение проблематики монографии осуществляется саммитами профессионалов в рамках международных конференций — очередная, пятая, состоялась в Париже (Франция, 2008 г.). До этого проведены еще четыре: США 2005 г.; Германия, 2001 г.; США 1997 и 1986 гг. Материалы конференций систематизированы в главе 4 и будут аннотированы по ходу изложения. Безусловно, знаковым событием в плане использования молочной сыворотки и особенно ее главного компонента явилось проведение тематического симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» в нашей стране (Москва, 2007).

Иногда, для доказательства ценности молочной сыворотки, говорят: «Одна тонна молочной сыворотки — это мешок (60 кг) муки или тонна свежей травы либо соломы, без учета комплекса БАВ — макро- и микроэлементов, витаминов, ферментов, аминокислот и др. незаменимых нутриентов, плюс микрофлора, остатки энзимов и метаболитов». Следует подчеркнуть, что даже вода молочной сыворотки является пока неоцененной по достоинству — она биологически синтезирована и, возможно, несет в своей «памяти» уникальную информацию. Немаловажно, что молочная сыворотка является возобновляемым (как и молоко) природным ресурсом, которым, по-видимому, человечество распорядится (и достойно оценит), когда неизбежно будут исчерпаны запасы нефти, угля, газа, минеральных вод.

Гипотетически в обозримой перспективе молочная сыворотка может обеспечить человека продуктами и напитками для повседневного питания — лакто-ланч, средствами гигиены (шампунь обычный и «противоатомный»), предметами быта (фильтры сигарет, фейерверки) — лакто-день; энергоносителями (этанол, биогаз) и медикаментами — лакто-жизнь.

Именно всем этим аспектам, биотехнологии молочной сыворотки посвящена настоящая монография, с акцентом на новейшие инновационные разработки последнего времени, как феномен технологического прорыва научных коллективов. При этом феномен молочной сыворотки трактуется через «код жизни», а реализация законченного цикла производства рассматривается как неперенная составляющая модернизации молочного дела.

Структура монографии включает четыре самостоятельных взаимосвязанных раздела с тематическим вступлением к каждому. Изложение материала осуществлено по единой схеме в главах с автономией по таблицам, рисункам и литературе, что обеспечивает поиск и использование информации для практиков и обучающихся. С учетом возможного объема и заявленной цели при изложении материала сделана попытка разместить всю имеющуюся в распоряжении информацию с личной интерпретацией в плане реализации инноваций для научного поиска и на практике. Заранее благодарю читателей за любые отклики в принципе и по существу феномена молочной сыворотки.

Перечень основных аббревиатур и специальных сокращений

АПК	— агропромышленный комплекс
БАВ	— биологически активные вещества
БАД	— биологически активные добавки
БГКП	— бактерии группы кишечных палочек
БГН	— быстрорастворимые гранулированные напитки
БД	— база данных
БЖП	— белково-жировой продукт
БМТ	— биомембранная технология
БТС	— биотехнологическая система
БУД	— белково-углеводные добавки
ВГМХА им. Н. В. Верещагина	— Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия им. Н. В. Верещагина
ВГТА	— Воронежская государственная технологическая академия
ВНИИМС	— Всероссийский научно-исследовательский институт маслodelения и сыроделения
ВНИМИ	— Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности
ВСГТУ	— Восточно-Сибирский государственный технологический университет
ВОЗ	— Всемирная Организация Здравоохранения
ВТО	— Всемирная торговая организация
ГЖХ	— газожидкостная хроматография
ГОМ	— гидролизат обезжиренного молока
ГОС	— галактоолигосахариды
ГСМ	— гидролизат соевого молока
ГУ ВНИИПАКК	— Государственное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых ароматизаторов, кислот и красителей
ДЛФО	— Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека (теория)
ДТА	— дифференциальный термический анализ
ЖКТ	— желудочно-кишечный тракт
ЗОМ	— заменитель обезжиренного молока
ЗЦМ	— заменитель цельного молока
КБТС	— концентрирование белков творожной сыворотки
КДСБ	— концентрат денатурированных сывороточных белков
КМАФАнМ	— количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов
КемТИПП	— Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
КМС	— концентрат молочной сыворотки
КМЦ	— карбоксиметилцеллюлоза
КРС	— крупный рогатый скот
КСБ	— концентрат сывороточных белков
КубГТУ	— Кубанский государственный технологический университет
МБУК	— молочный белково-углеводный концентрат
МПК	— молочный полисахаридный концентрат
МГУПБ	— Московский государственный университет прикладной биотехнологии

ММФ	— Международная молочная федерация
МФ	— микрофилтрация
НПО	— научно-производственное объединение
НМС	— нативная молочная сыворотка
НФ	— нанофилтрация
Омский ГАУ	— Омский государственный аграрный университет
ОО	— обратный осмос
ПАВ	— поверхностно-активные вещества
ПД	— пищевая добавка
ПДС	— пенообразные дисперсные системы
ПЗХ	— пшеничные зародышевые хлопья
ПНС	— предельное напряжение сдвига
Поволжский НИИПП	— Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
ПСО	— пищевой соевый обогатитель
ПФП	— продукты функционального питания
СанПиН	— санитарные правила и нормы
СВ	— сухие вещества
СГОЛ	— сыворотка гидролизованная, обогащенная лактатами
СевКавГТУ	— Северо-Кавказский государственный технический университет
СКФ ВНИИМС	— Северо-Кавказский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института маслodelьной и сыродельной промышленности
СМГ	— сыворотка молочная гидролизованная
СМФС	— сыворотка молочная, ферментированная, сгущенная
СОМ	— сухое обезжиренное молоко
СПГУНиПТ	— Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий
СтГАУ	— Ставропольский государственный аграрный университет
СтГСХА	— Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия
СтНИИЖК	— Ставропольский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства
СтавНИПЧИ	— Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт
УМК	— углеводно-минеральный концентрат
УФ	— ультрафилтрация
ХАССП	— система управления качеством, от англ. <i>HACCP — Hazard Analysis Critical Control Points</i>
ЭД	— электродиализ
ЭХА	— электро-химическая активация
ЯрНИИЛМС	— Ярославская научно-исследовательская лаборатория молочного сырья (в настоящее время Ярославский государственный научно-исследовательский институт качества сырья и продукции)

Раздел I

Спрятанное сокровище

Вступление

Общие сведения о молочной сыворотке

«Спрятанное сокровище» — именно так оригинально и интригующе назвал молочную сыворотку Свен Эрик Боегорд («Переработка молока», № 8, 2008, с. 14–15) — менеджер компании *Anhidro A/S* (Дания), которая занимается данной проблематикой десятки лет. И хотя по нашему мнению, наиболее предпочтительным является определение академика Н. Н. Липатова, приведенное в качестве девиза монографии во введении, бренд С. Э. Боегорда таит неизвестность (интерес) и указывает на ценность (сокровище) молочной сыворотки. Другие термины: «полумолоко», «жидкое золото», «ящик с инструментами» и их альтернативы в техническом (состав) и бытовом (понимание) аспектах также несут смысловую нагрузку. «Полумолоко» в русском языке звучит иронично, но отражает суть. Использованный на одной из международных конференций термин-символ, присвоенный молочной сыворотке — «жидкое золото», несет исключительно рекламную нагрузку в плане возможных финансовых прибылей. А понятие «ящик с инструментами» предназначен для профессионала и ориентирован на белковый комплекс молочной сыворотки. Системология по ценности молочной сыворотки изложена в главе 1. Там же сделана попытка обосновать и сформулировать в отношении молочной сыворотки понятия «кода жизни».

В настоящее время применительно к молочной сыворотке можно говорить о законодательной базе федерального уровня — ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» четко относит объект монографии к вторичным сырьевым ресурсам молочной промышленности (т.е. молочному сырью), со всеми вытекающими из этого положения последствиями. Подробно этот вопрос освещается в специальной главе 2 «Квалиметрия молочной сыворотки».

Блок-схема процессов образования молочной сыворотки при промышленной обработке молока-сырья в белково-жировые продукты — сыр, творог, казеин — при ультрафильтрации и биомембранном разделении полисахаридами, приведена на рис. 1.

На второй Международной конференции (США, 1997 г.) в обобщающем докладе по проблемам молочной сыворотки в XXI веке (*The whey processing industry — into the XXI century*) проф. В. Horton привел терминологическую иерархию, существовавшую в то время. Ниже она воспроизводится в авторской редакции.

Международные наименования сыворотки (*International words for “whey”*):

syrovatka; сы́ровотка; *serwatka*;

siero de latte;

lactoserum/petit lait;

Molke;
melkserum/wei/hui lactosuero/suero de leche lactosoro/soro de leite suyu;
valle myse mysa;
hira hirre savo vassla isrugos;
waikuruwhatu.

В нашей интерпретации, с использованием консультативной помощи филолога (владеет более чем 20 языками), канд. филол. наук, доцента А. Н. Силантьева, составлена система терминов на иностранных языках (для информации), принятых в Международной молочной федерации (ММФ), которые представлены ниже.

Русский — молочная сыворотка, сыворотка молочная, сыворотка			
Английский:		Французский:	
Молочный	<i>Dairy</i>	Молочный	<i>Lactée</i>
Молочная сыворотка	<i>Whey</i>	Молочная сыворотка	<i>Lactosérum</i>
Сыворотка	<i>Serum</i>	Сыворотка	<i>Sérique</i>
Немецкий:		Испанский:	
Молочный	<i>Milchig</i>	Молочный	<i>Lácteos</i>
Молочная сыворотка	<i>Molke</i>	Молочная сыворотка	<i>suero de leche</i>
Сыворотка	<i>Serum</i>	Сыворотка	<i>Suero</i>

Все многообразие молочной сыворотки в виде дерева от корня (образование), ствола, ветвей, листьев и плодов, по аналогии с молоком по Боегорду, показано красочно на форзаце и описано в главе 1. Схема «дерева целей» по принципу иерархии «белого ящика» компонентного состава молочной сыворотки приведена на рис. 2.

Детальное описание состава, свойств и ценность всего разнообразия ассортимента молочной сыворотки представлено, уже отмечалось, в главе 1. Далее, после рассмотрения комплекса вопросов по квалиметрии (глава 2), предпринята попытка осветить маркетинг, в плане целесообразности промышленной переработки и рационального использования получаемых продуктов, с экономической оценкой и экологической составляющей тематики (глава 3). Эксклюзивно в главе 4 изложено понятие «жизненного цикла» молочной сыворотки с информацией на мировом, федеральном и региональном уровнях, обобщением опыта промышленности, постановкой проблемных вопросов и возможных инновационных приоритетов.

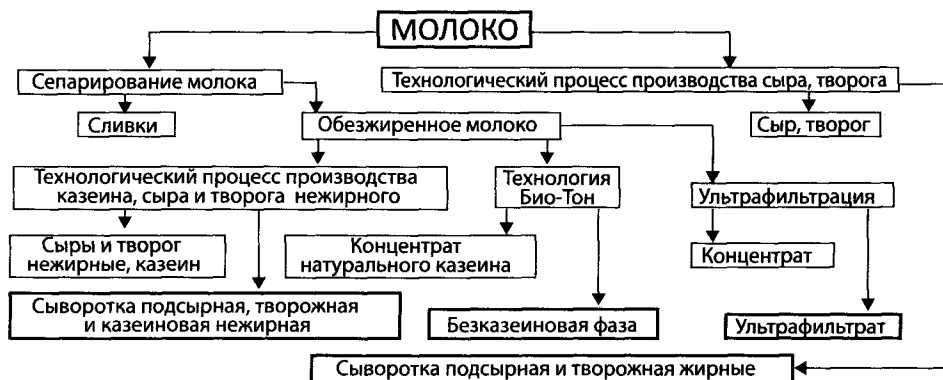


Рис. 1. Принципиальная блок-схема алгоритма получения различных видов молочной сыворотки

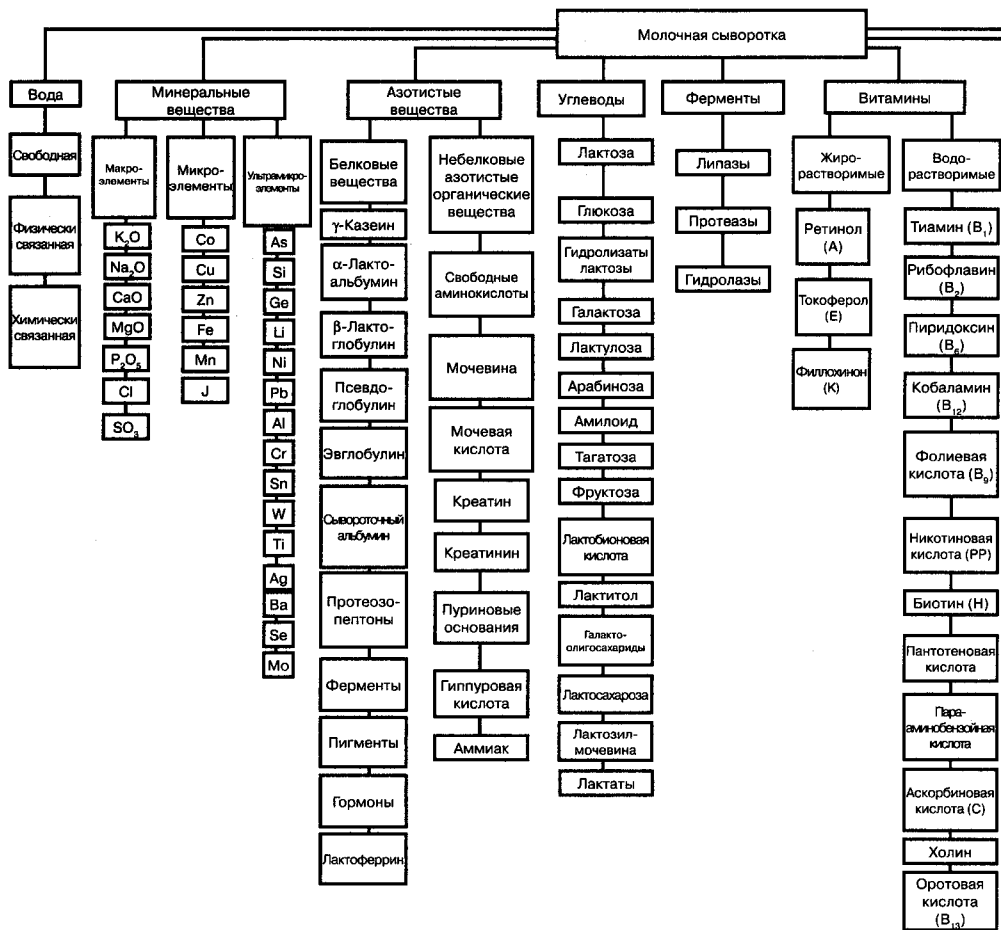


Рис. 2. Компонентный (химический) состав молочной



Глава 1

Мониторинг молочной сыворотки

1.1. Общие положения

В принципе состав и свойства молочной сыворотки интересовали ученых и практиков, а, следовательно, изучались одновременно с молоком; после получения белково-жировых продуктов «самоквасом» или управляемой коагуляцией с непременным синерезисом образующегося стустка — самопроизвольным или направленным. Именно из молочной сыворотки (в диалектах русского — творожины; по-украински — «сырной воды», по-белорусски — сыроватки) любознательный итальянский монах Фабрицио Бертолетти [1] получил более 400 лет назад «манну» — кашицеобразную массу — предвестник лактозы и ее производных. По нашей просьбе проф. *Saverio Mannino* (*University of Milan*, Италия) сделал фотокопию страниц этого уникального научного труда (хранится в отделе рукописей университета Флоренции), фрагмент которой показан на рис. 1.1.

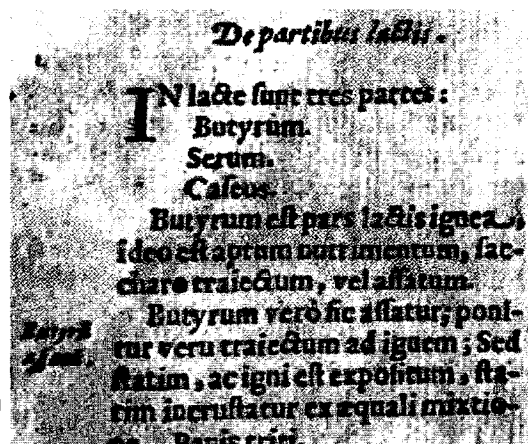


Рис. 1.1. Фрагмент из публикации
Ф. Бертолетти (1619 г.)

В публикации при переводе со старолатинского указан состав молока и возможность его фракционирования на жир (*Butyrum*), сыворотку (*Serum*) и казеин (*Caseus*). Обратите внимание, что казеин упомянут после сыворотки, а также на раздел книги — «Гигиена» (*Hygiēna*). Следовательно, вначале было — не навреди!

Состав и свойства молочной сыворотки различных видов, ее энергетическая, биологическая и в целом пищевая (кормовая) ценности достаточно изучены и опубликованы. В данной главе, в соответствии с положением современного мониторинга как системы отслеживания объекта, сделана попытка представления молочной сыворотки с позиций биотехнологической системы (БТС).

1.2. Характеристика молочной сыворотки как биотехнологической системы

Место и роль молочной сыворотки в биосфере планеты Земля можно продемонстрировать рисунком из монографии доктора *J. N. de Wit* [2] (рис. 1.2, а), на котором в виде простых образов показана схема жизни: солнечное тепло, земля, корова и человек (здесь — производитель и потребитель молочной сыворотки).

Применительно к основному компоненту сухого вещества молочной сыворотки — лактозе (молочному сахару) и ее многочисленным производным место и роль в биоценозе нашей планеты можно представить в виде объемной схемы (на фоне изображения нашей планеты почва, воздух и вода: кислород — О, водород — Н и углерод — С), продемонстрированной на симпозиуме ММФ «Лактоза и ее производные», который состоялся в России в 2007 г. (рис. 1.2, б.) [3].

Системы молочной сыворотки, аналогично системам молока (по А. Белларину) [4], в нашей интерпретации показаны на рис. 1.3.

Следует сразу заметить, что система молочной сыворотки значительно объемнее (больше) молока, что объективно работает на ее феномен. Появляется совершенно новая система — суспензия казеиновых частиц (сырной пыли) с сохранением коллоидной фазы и истинного раствора. Добавляется бактериальный пул (кстати, упущенный у А. Белларина). К тому же бактериальная составляющая молочной сыворотки (пул) в принципе отличается от исходного молока-сырья своими количественными и особенно качественными показателями. Это положение специально рассматривается, в рамках феномена молочной сыворотки, в настоящей главе (пункт 1.7). В молочной сыворотке, естественно, остается часть ферментных препаратов (в случае их использования для гелеобразования смеси) и химические вещества, например CaCl_2 , NaCl , вносимые по ходу технологического процесса, а также другие специфические соединения, используемые при получении «основного» продукта. Так появилась бесказеиновая фаза и фильтраты. В некоторых случаях молочная сыворотка разбавляется водой.

Таким образом, совершенно однозначно молочную сыворотку следует считать биотехнологической системой (БТС). При этом БТС молочной сыворотки — один из видов молочного сельскохозяйственного сырья со всеми вытекающими последствиями по полному и рациональному использованию в рамках земной цивилизации. Все положения по БТС молочного дела вообще и молочной сыворотки в частности впервые в системном виде сформулированы в докладе на Международной научно-практической конференции в ДонГАУ [5], которую организаторы посвятили биотехнологическим системам и инновационным технологиям производства продуктов питания нового поколения.

«Дерево молочной сыворотки», составленное совместно с аспирантом В. К. Топаловым и канд. техн. наук Е. А. Абакумовой для демонстрации участникам научно-практического семинара [6] приведено на первом форзаце. Его можно сравнить с «древом молока» по Вайганду [7] (рис 1.4.).

a

б

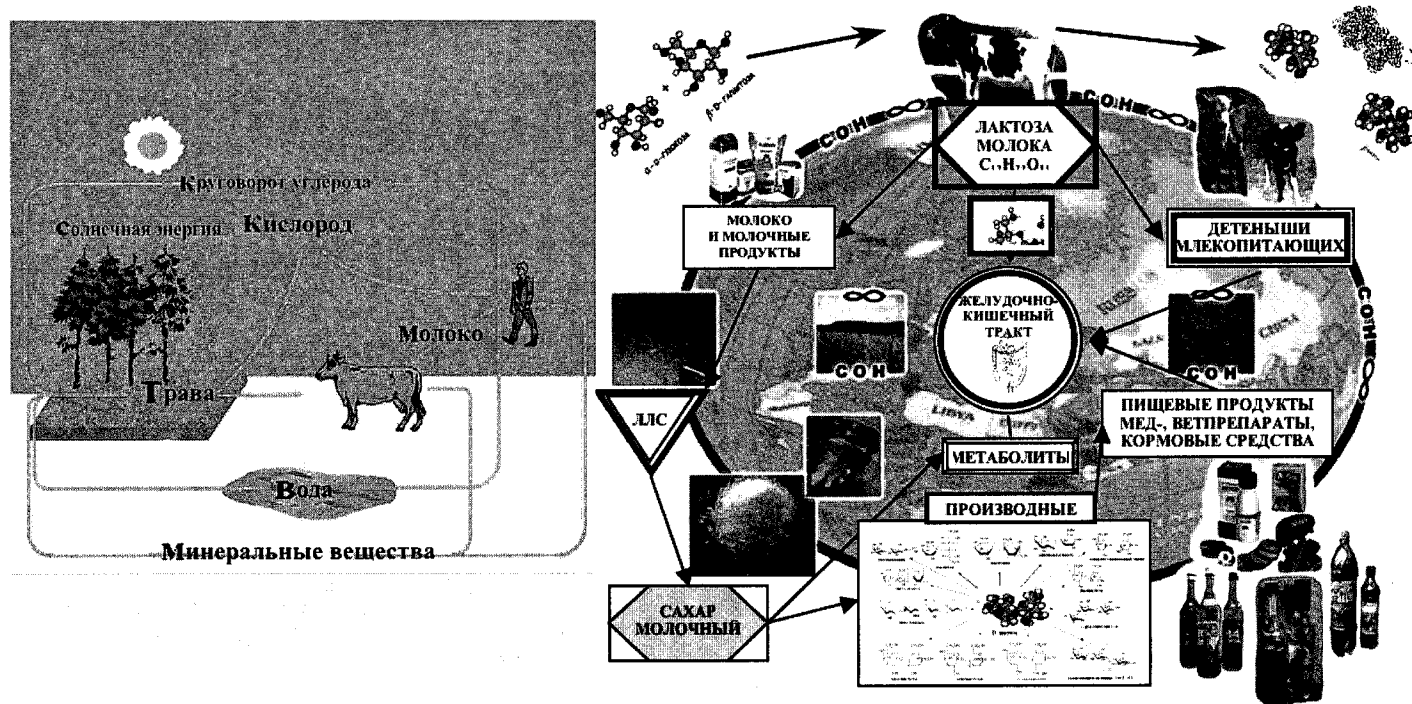


Рис. 1.2. Гипотетические схемы систем образования молока (молочной сыворотки) — а (по доктору J. N. de Wit); места и роли лактозы в биосфере планеты — б (по А. Г. Храмцову)

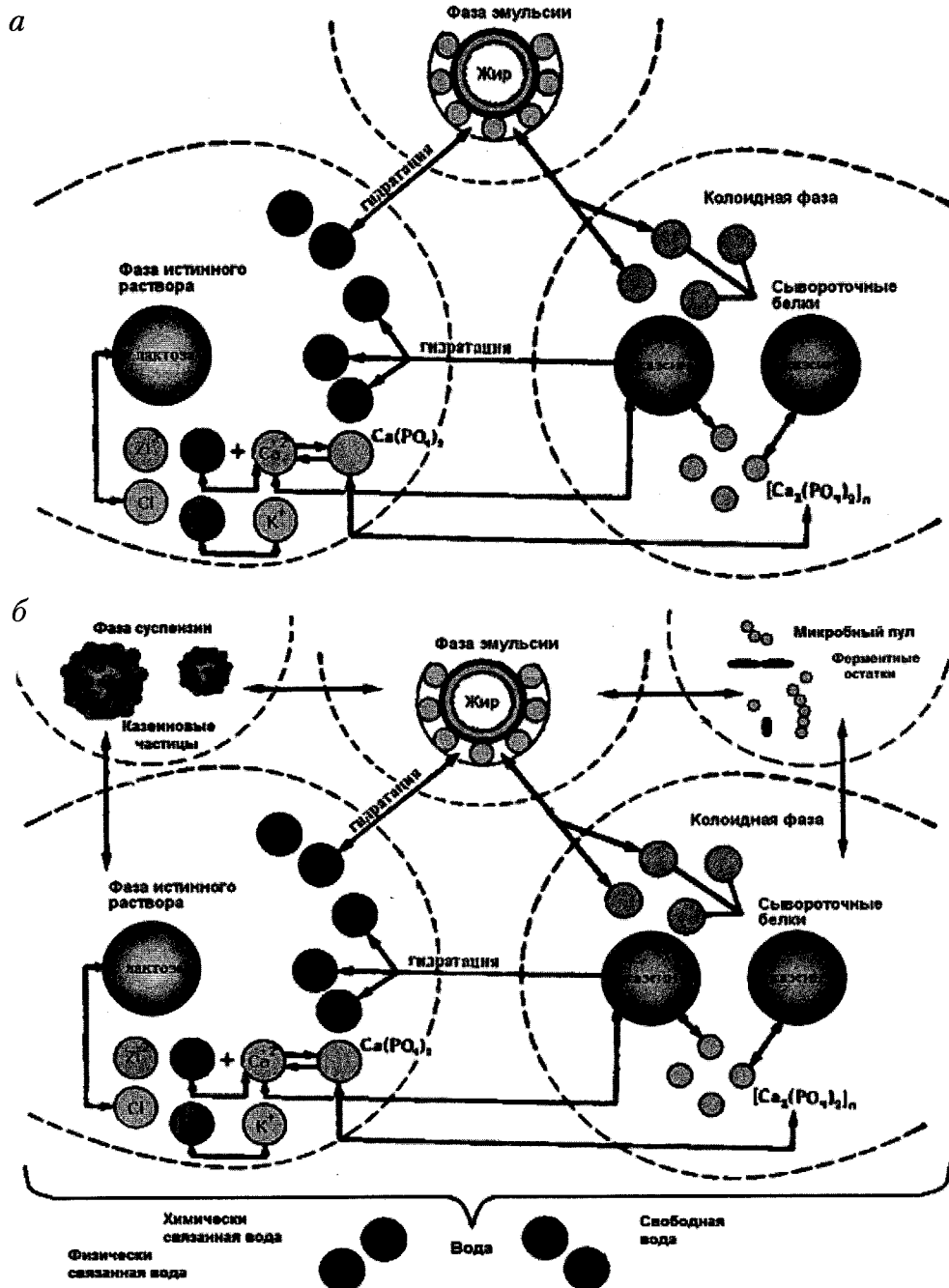


Рис. 1.3. Система дисперсных фаз БТС: *а* — молока (по А. Балларину) и *б* — молочной сыворотки (по А. Г. Храмцову)

Представленное «дерево молочной сыворотки», безусловно, нуждается в доработке и совершенствовании. Однако даже при беглом сравнении видно, что крона «дерева молочной сыворотки» заметно больше (гуще) «дерева молока» и постоянно расширяется — «растет».

Таким образом, любое самопроизвольное либо направленное и управляемое биоэнергетическое воздействие на молоко как гетерогенную биотехнологическую систему (БТС М) приводит к неизбежному появлению принципиально нового вида молочного сырья: сыворотки молока — молочная сыворотка или сыворотка молочная (кратко — **сыворотка**). Признавая правомерность термина — «биотехнологическая система молочной сыворотки» (БТС МС), следует рассмотреть составляющие системы (ветви и листья дерева), ее энергетическую, биологическую и пищевую (кормовую) ценности в плане практического использования (плоды).

1.3. Состав, свойства и ценность молочной сыворотки

Всего, по примерным расчетам (исходя из ассортимента сыров, творога и казеинов) в мире насчитывается более 15 000 видов молочной сыворотки. В нашей стране, видимо, речь идет о тысячах видов. На практике дело имеют обычно с двумя категориями молочных сывороток — сладкой и кислой. Они являются побочными продуктами сыроделия (сладкая сыворотка) или производства творога и казеина (кислая сыворотка). Степень перехода компонентов исходного молока-сырья в молочную сыворотку при традиционных способах получения белково-жировых продуктов — БЖП (коагуляция и синерезис) можно представить в виде диаграммы (рис. 1.5).

Анализируя диаграмму, следует обратить внимание, что в среднем в молочную сыворотку переходит около половины сухих веществ исходного молока, что дает основание для использования термина «полумолоко». Закономерности перехода компонентов молока пока не установлены, но совершенно очевидна взаимосвязь состояния и размеров компонентов (молекулярно-кинетическая теория). Состав молочной сыворотки колеблется в значительных пределах и зависит для подсырной — от вида вырабатываемого сыра и его жирности; творожной — от способа производства творога и его жирности; казеиновой — от вида вырабатываемого казеина. Распределение основных компонентов молока-сырья в процессе получения сыра показано в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Распределение компонентов молока в процессе производства сыра, %

Компоненты	Сыр	Молочная сыворотка	Потери
Сухие вещества	48,5	48,5	3,0
Белки	76,0	22,0	2,0
Жир	86,0	10,0	4,0
Лактоза	5,0	92,0	3,0
Минеральные вещества	12,0	73,0	5,0

Примечание: Расчеты проводили применительно к сыру 50 %-ной жирности

Распределение основных компонентов исходного сырья при производстве творога из обезжиренного молока приведено в табл. 1.2.

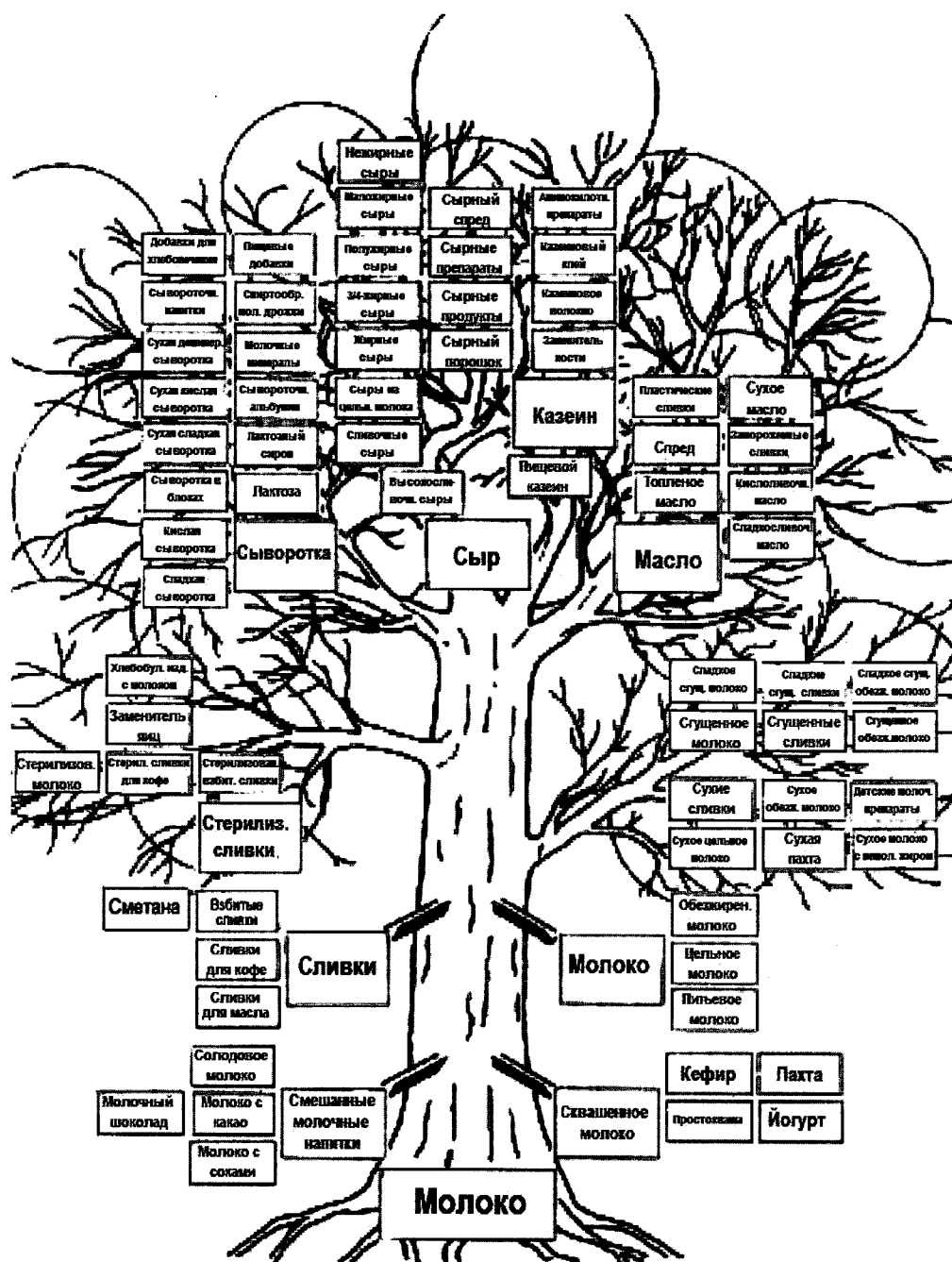


Рис. 1.4. Дерево продуктов из молока по Вайганду

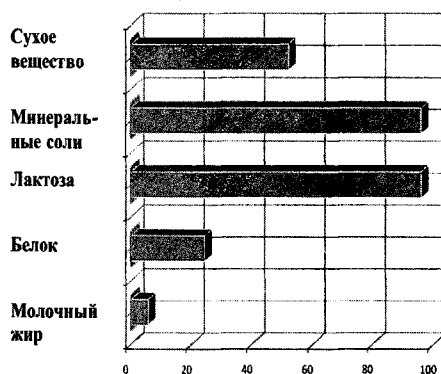


Рис. 1.5. Степень перехода основных компонентов молока в молочную сыворотку

Таблица 1.2. Распределение компонентов молока в процессе производства обезжиренного творога, %

Компоненты	Производство творога обезжиренного		
	Готовый продукт	Молочная сыворотка	Потери
Сухие вещества	20,66	38,06	1,82
Жир	1,10	0,11	0,04
Белки	63,15	18,38	2,52
Лактоза	3,85	79,06	2,57
Минеральные вещества	23,12	61,08	2,62

Распределение основных компонентов молока-сырья при получении казеина аналогично творогу обезжиренному. В целом картина распределения по ассортиментным группам идентична. При производстве натуральных (жирных) сыров следует считаться с получением «жирной сыворотки», что требует специфической обработки — сепарирования.

Содержание идентифицированных (выборка) соединений в молочной сыворотке — усредненные данные, в сравнении с молоком, приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Состав и свойства молочной сыворотки в сравнении с цельным молоком

Компоненты	Содержание в 100 г продукта		Степень перехода, %
	Сыворотка	Молоко	
Сухое вещество, г	6,34	12,7	52,83
Белки, г	0,89	3,2	27,81
в том числе:			
казеин	0,29	2,6	11,15
сывороточные белки	0,36	0,6	60,00
из них			
ангеогенина, мг/г	0,5–1,2	2,3	21,74–52,17
лактоферрина, мг/мл	0,08	0,1	80

Продолжение табл. 1.3

Компоненты	Содержание в 100 г продукта		Степень перехода, %
	Сыворотка	Молоко	
Жиры, г	0,36	3,6	10,00
в том числе:			
триглицериды	0,35	3,5	10,00
фосфолипиды	0,003	0,03	10,00
холестерин	0,001	0,01	10,00
Углеводы, г	4,55	4,8	94,80
Органические кислоты, г:			
лимонная	0,016	0,16	10,0
Минеральные вещества (зола), г	0,7	0,7	100
Аминокислоты, мг	873	3144	27,77
Незаменимые аминокислоты, мг,	384	1385	27,73
в том числе:			
валин	53	191	27,75
изолейцин	52	189	27,51
лейцин	79	283	27,92
лизин	72	261	27,59
метионин	23	83	27,71
триптофан	14	501	2,79
треонин	42	153	27,45
фенилаланин	49	175	28,00
Заменимые аминокислоты, мг,	448	1759	25,47
в том числе:			
аланин	27	98	27,55
аргинин	34	122	27,87
аспарагиновая кислота	61	219	27,85
гистидин	25	90	27,78
глутаминовая кислота	141	509	27,70
глицин	13	47	27,66
пролин	77	278	27,70
серин	52	186	27,96
тирозин	51	184	27,72
цистин	7,5	27	27,78
Макроэлементы, мг:			
кальций	84	120	70,00
калий	102	146	69,86
магний	10	14	71,43
натрий	5	50	10,00
фосфор	3	90	3,33
сера	2	29	6,90
хлор	77	110	70,00

Окончание табл. 1.3

Компоненты	Содержание в 100 г продукта		Степень перехода, %
	Сыворотка	Молоко	
Микроэлементы, мкг			
алюминий	35	50	70,00
барий	7,4	10,5	70,48
бор	21	30	70,00
бром	14	20	70,00
ванадий	10,8	15,4	70,13
железо	47	67	70,15
йод	6,3	9	70,00
кадмий	1,3	1,8	72,22
кобальт	0,6	0,8	75,00
кремний	14,3	20,4	70,10
литий	13	19	68,42
марганец	4	6	66,67
медь	8	12	66,67
молибден	3,5	5	70,00
никель	2	2,8	71,43
селен	1,4	2	70,00
серебро	2,4	3,5	68,57
стронций	12	17	70,59
сурьма	1,75	2,5	70,00
фтор	14	20	70,00
хром	1,4	2	70,00
цинк	280	400	70,00
Витамины, мг			
A	0,003	0,03	10,00
E	0,03	0,09	33,33
C	1,17	1,5	78,00
B ₆	0,07	0,05	140,0
B ₁₂ , мкг	0,23	0,4	57,50
B ₂	0,14	0,15	93,33
B ₁	0,035	0,04	87,5
PP	0,05	0,1	50,00
Витаминоподобные вещества, мг			
холин	24	23,6	101,70
L-карнитин, мг/100 мл	30–50	30–50	100,0
остеопонтин	Следы	Следы	
Вода, г	93,66	87,3	107,28

В молочной сыворотке, как и в молоке, идентифицировано более 250 соединений и содержится около 100 000 молекулярных структур [8], которые находятся в растворенном (наночувствительный) и коллоидно-дисперсном (кластеры) состояниях, а также в виде суспензии (казеиновая пыль) и эмульсии (молочный жир).

Таким образом, с познавательной точки зрения молочная сыворотка — идеальная система для исследований сложно организованных объектов, синтезированных природой. С учетом наличия микробного пула и биологически синтезированной воды она может претендовать на универсальное сельскохозяйственное сырье, что было озвучено академиком Н. Н. Липатовым и взято в качестве девиза настоящей монографии.

По традиционной классификации и феноменологии, исходя из природы основных продуктов, молочную сыворотку принято разделять на сладкую, получаемую от производства

натуральных сыров, и кислую — соответственно от творога и казеина. Содержание основных компонентов в сухом веществе (100 %) сладкой (подсырная) и кислой (творожная и казеиновая) молочной сыворотки показано ниже (рис. 1.6) в виде диаграмм. Там же показаны данные по ультрафильтрату и бесказеиновой фазе.

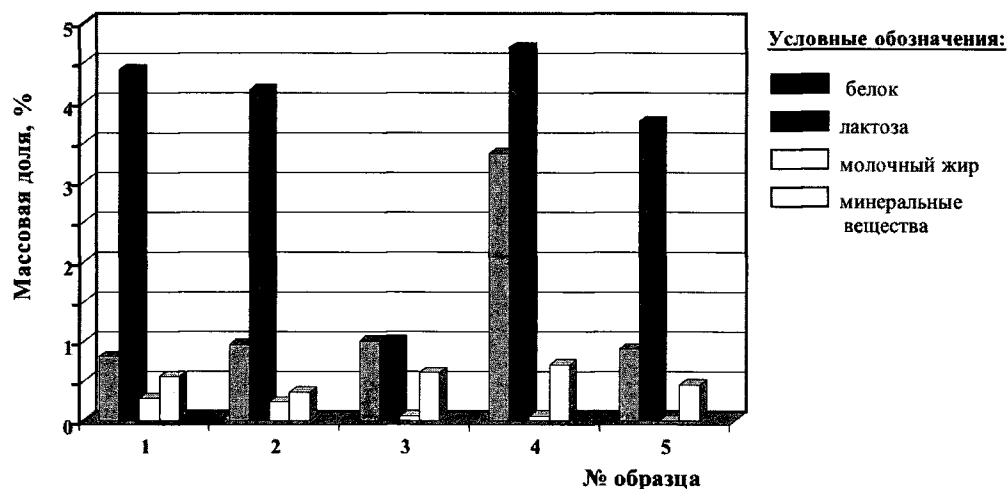


Рис. 1.6. Распределение сухого вещества (усредненные данные) по основным компонентам подсырной (1), творожной (2), казеиновой (3) сывороток; ультрафильтрата обезжиренного молока (4) и бесказеиновой фазы (5)

Из представленных диаграмм видно, что распределение примерно соответствует степени перехода основных компонентов в молочную сыворотку с учетом состава исходной смеси молочного сырья. Например, в казеиновой сыворотке практически отсутствует молочный жир. Основной объем сухих веществ молочной сыворотки занимает лактоза (около 70 %). На долю других компонентов (несахаров) приходится 30 %.

Дисперсная характеристика молочной сыворотки — размер (пределы колебаний) и занимаемый объем (средние показатели) отдельных компонентов приведен в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Дисперсная характеристика молочной сыворотки

Компонент сыворотки	Размер молекулы или частицы, нм	Объем, занимаемый молекулой или частицей компонента, %
Вода	0,1–0,2	90,10
Жир	200–10000	4,20
Казеин	40–300	2,30
α -Лактальбумин	5–20	0,30
β -Лактоглобулин	25–50	0,08
Молочный сахар (лактоза)	1,0–1,5	3,02
Минеральные соли	0,1–1,0	0,1
БАВ	0,1–100	0,01

Обращает внимание, что основной объем занимают компоненты наноуровня (1 нм и менее), кластеры представлены практически только сывороточными белками, остаточным жиром и некоторыми фракциями казеина. Степень перехода основных компонентов исходного молока-сырья в молочную сыворотку зависит от способа ее получения и показана в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Степень перехода основных компонентов молока в молочную сыворотку в зависимости от способа производства БЖП

Компонент молока	Степень перехода компонентов в молочную сыворотку, %	
	Традиционные способы	Нетрадиционные способы
Молочный жир	7,7	0,0
Белки:		
казеин	22,5	0,0
сывороточные	95,0	98,0
Лактоза	96,2	96,5
Минеральные соли	81,1	60,6
Сухие вещества	49,9	45,1

Нетрадиционные способы — мембранная фильтрация, термодинамическое разделение биополимерами позволяют извлечь полностью молочный жир и казеиновые комплексы.

Содержание основных компонентов в молочной сыворотке в сравнении с их содержанием в цельном и обезжиренном молоке, а также пахте показано в табл. 1.6 и графически представлено на рис. 1.7.

Таблица 1.6. Содержание основных компонентов в цельном, обезжиренном молоке, пахте и молочной сыворотке, %

Компоненты	Цельное молоко	Вторичное молочное сырье		
		Молочная сыворотка	Обезжиренное молоко	Пахта
Сухое вещество	12,5	6,3	8,8	9,2
Жир	3,6	0,2	0,05	0,5
Белки (азотистые вещества)	3,2	0,8	3,2	3,2
Лактоза	4,7	4,7	4,7	4,7
Минеральные вещества	0,7	0,6	0,7	0,7

Традиционная молочная сыворотка содержит половину сухих веществ молока и до 70% лактозы, что позволяет считать ее углеводным сырьем, это реализовано широкомасштабно на практике при получении молочного сахара во всех странах с развитым молочным делом, в т. ч. имело место в СССР. К сожалению, при переходе к рыночной экономике в России завоеванные позиции были потеряны и ждут своего логического возрождения.

Молекулярно-ситовая фильтрация молочного сырья через полупроницаемые мембраны приводит к получению побочного продукта (фильтрата), состав которого практически идентичен молочной сыворотке.

Ультрафильтрация цельного молока обеспечивает переход в фильтрат (табл. 1.7) 45,1% сухих веществ, в том числе 96% лактозы и 60% минеральных солей.

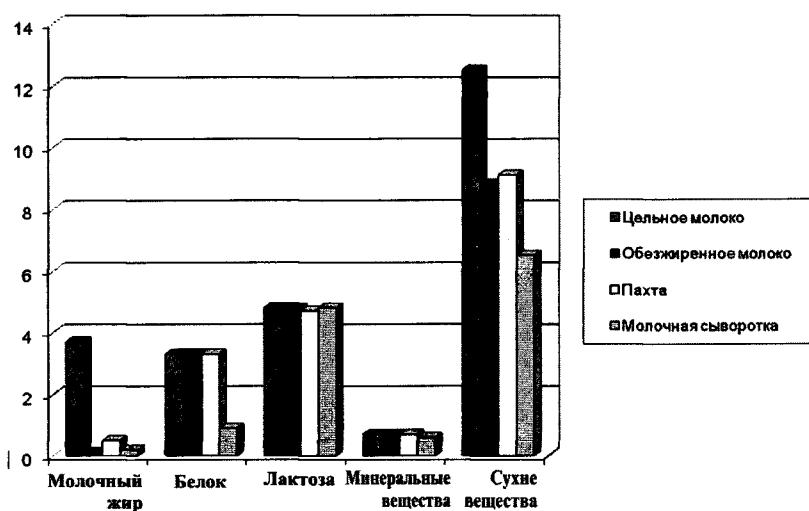


Рис. 1.7. Содержание основных компонентов в молочной сыворотке в сравнении с цельным молоком, обезжиренным молоком и пахтой

Таблица 1.7. Переход в фильтрат основных компонентов цельного молока, %

Продукт	Сухие вещества	Общий азот	Лактоза	Жир	Зола
Молоко	11,45	0,48	4,61	3,09	0,71
Концентрат	23,75	1,33	4,91	9,1	1,25
Фильтрат	5,18	0,04	4,45	Нет	0,43

Аналогичные результаты дает ультрафильтрация обезжиренного молока (табл. 1.8).

Таблица 1.8. Переход в фильтрат основных компонентов обезжиренного молока, %

Продукт	Сухие вещества	Белок	Лактоза	Жир	Зола
Молоко обезжиренное	8,79	3,35	4,68	0,06	0,70
Концентрат	22,75	15,0	4,34	Следы	0,47
Фильтрат	5,01	0,21	5,94	0,28	1,55

Ультрафильтрация пахты (табл. 1.9) приводит к получению фильтрата, состав которого приближается к казеиновой сыворотке.

Таблица 1.9. Переход в фильтрат основных компонентов пахты, %

Продукт	Сухие вещества	Жир	Белок	Лактоза	Зола
Пахта	8,0	0,3±0,07	2,57±0,04	4,44±0,07	0,69±0,01
Концентрат	20–21	1,6±0,2	12,5±0,07	5,79±0,08	0,9 6±0,01
Фильтрат	5,1	Нет	0,28±0,05	4,25±0,08	0,56±0,03

Новый способ концентрирования белков обезжиренного молока с использованием биополимеров, разработанный ВНИИКИМ совместно с Институтом элементоорганических соединений (ИНЭОС) [9], приводит к получению бесказеиновой фазы. По опубликованным данным [10] бесказеиновая фаза содержит, %: сухих веществ — 6,5%, белка — 0,9%, жира — нет, лактоза — 3,75%, минеральных веществ — 0,45% и приближается к составу казеиновой сыворотки. Специфичным является присутствие в бесказеиновой фазе полисахарида, например, пектина, с концентрацией на уровне 0,5%.

Электрофизическая коагуляция белков молока обеспечивает разделение фаз с получением фильтрата следующего состава, %: сухих веществ 5,5–6,0%; белка 0,8–1,0%, жира 0,05–0,20%, лактозы 4,5–5,0%, минеральных веществ 0,4–0,8%.

При производстве некоторых видов сыров часть сыворотки (около 30%) получают соленой. Содержание поваренной соли в соленой сыворотке составляет 0,5–1,5%, а иногда до 4%, что отражается на ее составе [11]. Состав и свойства подсырной сыворотки в зависимости от содержания в ней поваренной соли приведены в табл. 1.10.

Таблица 1.10. Состав и свойства соленой подсырной сыворотки

Сыворотка	pH	Содержание сухих веществ, %	Доброкачественность, ед.
Несоленая	5,3	6,0	75
Соленая с содержанием поваренной соли, %:			
1	5,5	7,2	63
2	5,65	8,1	53
3	5,75	9,3	47
5	5,75	10,8	40

Часть молочной сыворотки в процессе производства сыров и казеина разбавляют водой. При организации промышленной переработки молочной сыворотки, особенно соленой и разбавленной водой, следует учитывать колебания ее состава. В качественном удостоверении на соленую сыворотку, направляемую на реализацию, следует указывать фактическое содержание в ней поваренной соли. Кроме того, желательно на сопроводительной накладной ставить штамп «Сыворотка соленая». Подсырная соленая сыворотка с массовой долей поваренной соли более 0,5% для переработки на молочный сахар не рекомендуется. При работе с солянокислотной казеиновой сывороткой не следует применять посуду из оцинкованной жести.

Содержание сухих веществ (массовая доля) в подсырной сыворотке можно прогнозировать расчетами по В. М. Силину [12]. Следует отметить, что прогнозируемый и фактический состав сопоставим только при условии, если в сыворотке не будет поваренной соли, посторонней воды, а кислотность не превысит 20 °Т.

Прогноз массовой доли сухих веществ в подсырной сыворотке ($S_{\text{сыв}}$) рассчитан, исходя из компонентного состава молока, по формуле:

$$S_{\text{сыв}} = \frac{(100 - Ж_{\text{сыв}}) \cdot C_{\text{м}} \cdot 0,69}{100 - Ж_{\text{м}} - C_{\text{м}} \cdot 0,31}, \quad (1.1)$$

где: $Ж_{\text{сыв}}$ — массовая доля жира в сыворотке, %;

$Ж_{\text{м}}$ — массовая доля жира в молоке, %;

$C_{\text{м}}$ — массовая доля СОМО в молоке, %.

Теоретически эта величина составляет:

$$S_{\text{сыв}} = \frac{(100 - 0,3) \cdot 8,06 \cdot 0,69}{100 - 3,6 - 8,06 \cdot 0,31} + 0,3 = 6,204\%.$$

Упрощенно (по М. С. Коваленко) это значение можно определить по плотности молочной сыворотки. Расчет по плотности проводят по формуле:

$$\Pi_{\text{сыв}} = \frac{1298,67}{\text{Ж}_{\text{сыв}} - \text{С}_{\text{сыв}} - 5,6 + 1300,97} \cdot 0 \quad (1.2)$$

Эту расчетную формулу получили путем решения уравнения:

$$\frac{100}{\Pi_{\text{сыв}}} = \frac{\text{Ж}_{\text{сыв}}}{\Pi_{\text{ж}}} + \frac{\text{С}_{\text{сыв}}}{\Pi_{\text{с}}} + \frac{\text{В}_{\text{сыв}}}{\Pi_{\text{в}}} = \frac{0,3}{0,927} + \frac{5,903}{1,7667} + \frac{100 - 0,3 - 5,903}{0,99823}, \quad (1.3)$$

где 0,927; 1,7667 и 0,99823 — соответственно плотности молочного жира ($\Pi_{\text{ж}}$), веществ СОМО сыворотки ($\Pi_{\text{с}}$) и воды при 20 °С, г/см³;

$\text{В}_{\text{сыв}}$ — массовая доля воды в сыворотке, %, равная разности $100 - \text{Ж}_{\text{сыв}} - \text{С}_{\text{сыв}}$;

0,3; 5,903 и 93,797 — соответственно массовые доли жира, СОМО и воды в 100 г сыворотки (два последних показателя определяются по составу исходного молока).

Плотность сыворотки можно также рассчитать по формуле:

$$\Pi_{\text{сыв}} = \frac{195,04}{195,38 + \text{Ж}_{\text{сыв}} - \text{С}_{\text{сыв}} \cdot 0,85} \cdot 0 \quad (1.4)$$

При этом в обоих случаях расчетная плотность равна 1,02436 г/см³ (24,36°А).

Определение массовой доли сухих веществ в сыворотке по ее фактической плотности и массовой доле в ней жира (сыворотка несоленая, не разбавленная водой, кислотность 20 °Т), проводят по формулам:

$$\text{С}_{\text{сыв}} = 1,18 \text{ Ж}_{\text{сыв}} + 229,9 - \frac{229,5}{\Pi_{\text{сыв}}}; \quad (1.5)$$

или

$$\text{С}_{\text{сыв}} = 1,18 \text{ Ж}_{\text{сыв}} + 0,23 (\text{А}_{\text{сыв}} + 1); \quad (1.6)$$

Расчетная величина соответствует фактически сложившейся — 6,2%. Сопоставление прогнозируемых показателей подсырной сыворотки с фактическими позволяет установить причины снижения выхода сыра. Аналогичные процедуры возможны для творожной, казеиновой и, вероятно, других видов молочной сыворотки.

Структурно-механические характеристики, физико-химические свойства и некоторые другие показатели молочной сыворотки (средние данные) приведены в обобщенном виде ниже:

Плотность, кг/м ³	1018–1027
Вязкость, мПа·с	(1,55–1,66)·10 ⁻³
Теплоемкость, кДж/кг·К	4,8
pH	4,4–6,3
Буферная емкость, мл:	
по кислоте	1,72
по щелочи	2,32
Оптическая плотность 10%-ного раствора	0,259
Мутность, см ⁻¹	0,150–0,250
Температура кипения, °С	101,5
Осмоляльность, мОсм/л	321,8313–389,1563

Эти показатели, в зависимости от вида молочной сыворотки, температуры и других параметров, изменяются. Так, например, показатели титруемой и активной кислотности могут варьировать больше, чем на порядок (видовой признак):

	Кислотность	
	титруемая, °Т	активная, ед. рН
Подсырная сыворотка	10–15	6,3
Творожная сыворотка	50–85	4,4
Казеиновая сыворотка	50–120	4,3
Ультрафильтрат	15–17	6,5
Бесказеиновая фаза	14	6,3

На практике следует учитывать, что разбавление молочной сыворотки водой естественно снижает кислотность, при этом изменяется плотность. Поэтому эти два показателя (наряду с температурой замерзания) могут служить критерием натурности (натуральности) молочной сыворотки (тест на фальсификацию).

Плотность при температуре 20 °С по видам сыворотки колеблется незначительно, кг/м³:

Подсырная	1018–1027
Творожная	1019–1026
Казеиновая	1020–1025
Ультрафильтрат	1015–1025
Бесказеиновая фаза	1020

Изменение плотности и вязкости обезжиренной творожной сыворотки в зависимости от температуры показано на рис. 1.8.

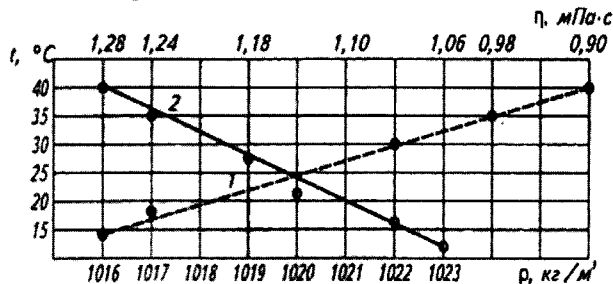


Рис. 1.8. Изменение плотности (1) и вязкости (2) обезжиренной творожной сыворотки в зависимости от температуры

Поверхностное натяжение молочной сыворотки примерно равно поверхностному натяжению цельного и обезжиренного молока и составляет при 20–45 °С $(40,0–45,0) \cdot 10^{-3}$ Н/м, что на 30 % ниже поверхностного натяжения воды и обусловлено наличием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Кстати, этот показатель освещается далее более подробно, с учетом новых данных и рассуждений, специально в рамках биотермодинамической характеристики молочной сыворотки, как системы. Считается, что сывороточные белки в основном формируют поверхностное натяжение молочного сыра. Это необходимо учитывать при организации

промышленной переработки молочной сыворотки (пенообразование), особенно при сгущении в вакуум-аппаратах.

Температура замерзания сыворотки (табл. 1.11) относительно постоянная величина (криоскопическая постоянная), изменяется главным образом от кислотности сыворотки и зависит от содержания сухих веществ.

Таблица 1.11. Температура замерзания молочной сыворотки, °C

Сыворотка	Точка замерзания при массовой доле сухих веществ, %			
	6	13	20	30
Подсырная (сладкая)	-0,598	-1,469	-2,610	-5,205
Творожная (кислая)	-0,723	-1,807	-3,090	-06,180

Этот показатель может быть использован (как и для молока-сырья) для идентификации молочной сыворотки (оперативный контроль). Многолетний опыт использования криоскопов в СевКавГТУ [13] показал широкие возможности применения данной методологии и аппаратного оформления для определения качества молочной сыворотки и контроля практически всех операций по детерминации лактозы — гидролиз, изомеризация, трансгликозилирование и др.

Температура замерзания при разбавлении молочной сыворотки водой (табл. 1.12) значительно повышается.

Таблица 1.12. Температура замерзания молочной сыворотки, разбавленной водой, °C

Сыворотка	Точка замерзания при добавлении воды, %			
	0	5	15	25
Подсырная	-0,598	-0,574	-0,511	-0,419
Творожная	-0,723	-0,686	-0,612	-0,499

Данный показатель может быть использован также для контроля посолки и разбавления водой.

Электропроводность молочной сыворотки исторически реализована для определения минерального комплекса молочной сыворотки [14, 15].

Все вышеизложенное относится к так называемым традиционным видам молочной сыворотки из коровьего молока.

Нетрадиционные виды лактозосодержащего сырья (меласса молочного сахара, продукты мембранной технологии — микро-, ультра-, нанофильтраты и обратный осмос, депротеинизированная, деминерализованная, делактозирванная сыворотки и др.) будут охарактеризованы по ходу рассмотрения конкретных технологий. Представляется целесообразным остановиться на относительно новых видах молочной сыворотки, приобретающих практическую значимость в нашей стране и за рубежом. Основные физико-химические показатели этого вида сырья показаны в табл. 1.13 [16, 17].

Так на основе частично деминерализованной сыворотки буйволиного молока (50 %-ный уровень деминерализации) на заводе *Bhole Baba* (Индия) получена сухая деминерализованная сыворотка, показатели качества которой приведены в табл. 1.14.

Таблица 1.13. Физико-химические показатели козьей, овечьей, буйволиной сывороток, их смеси с сывороткой коровьего молока и сыворотки от производства белково-жировых продуктов из восстановленного молока

Показатели	Вид сыворотки (из молока)						
	Козье	Овечье	Смесь с коровьей (50/50)		Буйволиное	Смесь буйволиной с коровьей (50/50)	От производства БЖП из восстановленного молока
			козьей сыворотки	овечьей сыворотки			
Массовая доля сухих веществ, %, в том числе:	6,3	7,9	6,35	6,8	8,1	7,0	6,5–10,5
жир	0,5	1,0	0,6	1,1	0,9	0,6	0,5–1,0
лактоза	4,7	4,75	4,7	4,7	4,7	4,7	4,8
сывороточные белки	0,8	1,1	0,9	0,9	1,2	1,0	0,7–1,5
минеральные соли (в плазме)	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5–10
Титруемая кислотность, °Т	15,5	20	16	19	17	16	15–19
Плотность, г/см ³	1,027	1,034	1,027	1,030	1,036	1,030	1,030–1,035

Таблица 1.14. Показатели качества сыворотки деминерализованной (с 50 %-ным уровнем деминерализации) производства завода *Bhole Baba*, Индия

Параметры	Единица измерения	Значение/описание
Органолептические		
Цвет		Кремowo-белый
Вкус и запах		Вкус чистый, сладкий. Без посторонних привкусов и запахов
Консистенция		Мелкодисперсный порошок
Химические		
Влага, не более	% масс	3,0
Жир, не более	%	1,0
Белок, не менее	%	11,0
pH, не ниже	6% раствор	6,1–6,3
Зола, не более	%	4,0
Лактоза, не более	%	82,5
Индекс растворимости сырого осадка	см	0,8
Чистота, диск:		Не ниже А
Микробиологические		
Общее количество микроорганизмов, не более	в 1 г	30 000
Дрожжи и плесени, не более	в 1 г	50
Колиформы (БГКП)	в 0,1 г	<10
<i>Stafilococcus aureus</i>	в 1 г	Отсутствуют
Сальмонеллы	в 25 г	Отсутствуют

Используя имеющуюся в нашем распоряжении информацию [18, 19, 20], в табл. 1.15 приведен состав технологической фракции («сыворотки»), полученной при изготовлении белковых продуктов типа тофу из соевого молока и степень перехода компонентов смеси в соевую сыворотку.

Таблица 1.15. Химический состав компонентов смеси, соевой сыворотки и переход в сыворотку основных компонентов смеси

Показатели	Соевое молоко	Кефирный продукт	Смесь соевого молока и кефирного продукта	Сыворотка (соевое молоко и кефирный продукт)	Степень перехода компонентов смеси в сыворотку, %
Массовая доля сухих веществ, %, в том числе:	10,6	9,7	10,15	8,5	83,74
белок	3,0	2,8	2,9	1,0	34,48
жир	1,5	1,0	1,25	1,25	100
углеводы	4,0	4,7	4,35	4,25	97,70
минеральные вещества	2,1	1,2	1,65	2,0	121,2

Анализ состава новых видов сывороток показал, что они, так же как и молочная сыворотка коровьего молока, являются углеводным продуктом.

Рассмотрев состав и свойства молочной сыворотки, как биотехнологической системы, следует остановиться на ее ценностных показателях, в плане обоснования необходимости практического использования.

Энергетическую ценность молочной сыворотки в расчете на 100 г определяют по следующей формуле:

$$E = (39 \cdot Ж + 17 \cdot Б + 16,7 \cdot У) \quad (1.7)$$

где: E — энергетическая ценность, кДж

$Ж, Б, У$ — содержание молочного жира, сывороточных белков и лактозы, %.

Энергетическая ценность молочной сыворотки в сравнении с энергетической ценностью цельного и обезжиренного молока, а также пахты приведена в табл. 1.16.

Таблица 1.16. Энергетическая ценность молочного сырья

Наименование сырья	Энергетическая ценность,		% к цельному молоку
	кДж	Ккал	
Цельное молоко	2805	730	100
Обезжиренное молоко	1440	385	51
Пахта	1599	428	58
Молочная сыворотка	1013	245	36

Энергетическая ценность молочной сыворотки несколько ниже, чем обезжиренного молока, а биологическая — примерно та же, что и обуславливает целесообразность ее использования для производства пищевых продуктов диетического назначения.

Биологическая ценность молочной сыворотки по меткому выражению проф. К. С. Петровского [21] может быть охарактеризована формулой: «минимум калорий при максимуме биологической ценности». Это позволяет рассматривать молочную сыворотку и продукты, полученные из нее, как биологически полноценные с диетическими и даже лечебными свойствами, обеспечивающими охрану внутренней среды организма [11]. Именно поэтому в со-

ответствии с ТР и ГОСТами эти продукты должны быть отнесены к категории молочных и молокосодержащих.

Молочная сыворотка — биологически ценный продукт питания, особенно за счет значительного содержания лактозы. Замедленный, в сравнении с другими углеводами, гидролиз лактозы в кишечнике ограничивает процессы брожения, нормализует жизнедеятельность полезной микрофлоры и предупреждает аутоинтоксикацию. Сывороточные белки, которые являются важным компонентом молочной сыворотки, оптимально сбалансированы по аминокислотному набору, особенно серосодержащих аминокислот — цистина, метионина, что создает хорошие возможности для регенерации белков печени, гемоглобина и белков плазмы крови. Следует подчеркнуть особую ценность молочного жира — при небольшом содержании он более диспергирован, чем в цельном молоке. Минеральные соли сыворотки практически идентичны цельному молоку и содержат «защитные» комплексы антиатеросклеротического действия. Комплекс витаминов и ферментов, так же как биологически синтезированная вода, дополняют феномен биотехнологической системы молочной сыворотки.

Пищевая ценность молочной сыворотки характеризуется полным для продуктов питания набором: высокой доброкачественностью (безвредностью), достаточной калорийностью, хорошей усвояемостью, оптимальным соотношением питательных веществ, биологической и физиологической полноценностью. По органолептическим показателям подсырная сыворотка может быть отнесена к категории удовлетворительных (специфический привкус), а творожная сыворотка, особенно домашнего приготовления, — оптимальных, т. к. в нативном (парном) виде готова к употреблению.

По калорийности (энергетической ценности) молочная сыворотка составляет 36 % от цельного молока, что следует учитывать при организации промышленной переработки, рекламе и определении стоимости.

Усвояемость основных компонентов молочной сыворотки соответствует цельному молоку. За счет превалирования лактозы и сывороточных белков она превышает показатель 98 %.

Кормовая ценность. Молочная сыворотка относится к группе кормов животного происхождения и является незаменимым продуктом для питания молодняка, а также взрослых сельскохозяйственных животных (особенно свиней). Кормовая ценность молочной сыворотки и продуктов на ее основе в сравнении с растительными кормами представлена в табл. 1.17.

Таблица 1.17. Расчетная кормовая ценность молочной сыворотки и продуктов на ее основе

Продукт	Расчетная кормовая ценность 1 кг продукта		Количество продукта, т, равноценное 1 т корма (расчетное по калорийности)		
	ккал	кормовых единиц	зерно овса	сено люцерны	травы культурных пастбищ
Сыворотка	235–256	0,13	7,7	3,46	1,54
Сыворотка обогащенная	235–256	0,13	7,7	3,46	1,54
Сыворотка сгущенная (40 % сухих веществ)	1500	0,84	1,2	0,54	0,24
Сыворотка сухая	3500	1,37–2,0	0,5	0,23	0,10
Альбуминовый творог	810	0,45	2,2	1,00	0,44
Сухой сывороточный концентрат (ССК)	2700	1,5	0,66	0,30	0,13
Жидкий сывороточный концентрат (ЖСК)	600	0,35	2,86	1,27	0,57

Кормовые достоинства молочных продуктов и кормов рассчитаны по калорийности. Фактически кормовая ценность молочных продуктов гораздо выше, так как они содержат полноценные белки животного происхождения, богатые аминокислотами, в том числе и незаменимые, а также полноценный минеральный и витаминный комплексы.

В теории кормления сельскохозяйственных животных проблема энергетического питания занимает центральное положение, т. к. обеспеченность животных энергией является одним из основных факторов, определяющих уровень их продуктивности. Энергетическая питательность кормов в обменной энергии определяется для каждого вида животных расчетным путем, с использованием данных прямых балансовых опытов по изучению переваримости питательных веществ кормов и рационов. Учеными Института кормления сельскохозяйственных животных им. О. Кельнера (Германия) разработана новая оценка питательности кормов, основанная на определении чистой энергии, выражаемой в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ). За энергетическую кормовую единицу принято 10 МДж обменной энергии. 1 Дж равен 0,2388 кал, а 1 кал равна 4,1868 Дж.

В нашей стране также начался переход на новую систему нормирования питания и оценки питательности кормов. В 2003 году выпущено третье издание справочника «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных», в котором вместо показателя «кормовые единицы» используется энергетическая кормовая единица [22]. Такая единица удобна для сельскохозяйственной практики, как при составлении рационов для животных, так и для учета производимых кормов в хозяйстве.

В табл. 1.18 приведены данные по обменной энергии (ОЭ) в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ), как это принято в международной практике для молочных продуктов, используемых в кормопроизводстве.

Таблица 1.18. Сравнительная питательность 1 кг молочной сыворотки относительно цельного молока и других видов вторичного молочного сырья

Показатели	Вторичное молочное сырье						
	Молоко цельное	Молоко обезжиренное	Молоко обезжиренное сухое	Сыворотка свежая	Сыворотка сухая	Пахта свежая	Пахта сухая
Кормовых единиц	0,30	0,13	1,25	0,13	1,68	0,22	2,0
ЭКЕ, КРС	0,23	0,13	1,23	0,09	1,20	0,15	1,34
ЭКЕ, свиней	0,29	0,16	1,48	0,11	1,31	0,16	1,48
ОЭ, КРС, МДж	2,28	1,31	12,31	0,94	12,00	1,50	13,40
ОЭ, свиней, МДж	2,88	1,55	14,84	1,10	13,10	1,60	14,80
Сухое вещество, г	130	90	920	59	879	95	863
Сырой протеин, г	35	33	370	10	116	38	382
Перевариваемый протеин, г	33	32	338	9	102	34	367
Сырой жир, г	37	1	11	1	9	35	2,8
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), г	50	45	460	43	675	30	361

Молочная сыворотка по своим питательным свойствам может быть приравнена к ячменю, в пересчете на сухие вещества. В 1 кг молочной сыворотки (творожной и подсырной) содержится 9 г переваримого протеина, 0,5 г кальция и 0,4 г фосфора. Уступая по питательной ценности другим видам вторичного молочного сырья (обезжиренному молоку и пахте), молочная сыворотка всем комплексом сухих веществ характеризуется как биологически полноценное сырье для кормопроизводства.

Это связано с тем, что по биологической ценности сывороточные белки превосходят казеин. Содержание незаменимой серосодержащей аминокислоты цистина в глобулине в 7, а альбумине в 19 раз выше, чем в казеине. В альбумине и глобулине больше лизина, который играет определенную роль в защитных реакциях организма. Сывороточные белки служат дополнительным источником аргинина, гистидина, метионина, треонина, триптофана и лейцина. Это позволяет отнести их к полноценным белкам, используемым организмом для структурного обмена, в основном — регенерации белков печени, образования гемоглобина и плазмы крови. В сывороточных белках в сбалансированном соотношении содержатся незаменимые аминокислоты — фенилаланин и тирозин, обуславливая фармакологическое действие сыворотки.

Отличительной особенностью сывороточных белков является то, что при расщеплении их образуются пептиды и другие компоненты, которые непосредственно всасываются в кровь. Увеличение содержания сывороточных белков в составе кормов способствует повышению биологической ценности и усвояемости протеиновой фракции корма, компенсирует снижение общего белка в корме.

Теоретический выход молочной сыворотки можно рассчитать по формуле:

$$K_{\text{сыв}} = 100 \frac{CB_{\text{пр}} - CB_{\text{с}}}{CB_{\text{пр}} - CB_{\text{сыв}}}; \quad (1.8)$$

где: $K_{\text{сыв}}$ — количество молочной сыворотки, кг;

$CB_{\text{пр}}, CB_{\text{с}}, CB_{\text{сыв}}$ — содержание сухих веществ соответственно в готовом продукте, сырье и сыворотке, кг.

По расчетам выход молочной сыворотки при получении всех видов БЖП составляет около 90 % от количества исходного сырья.

Практически для расчетов рекомендуются следующие нормы выхода (с учетом предельно допустимых потерь) молочной сыворотки в зависимости от вида вырабатываемого продукта, % от перерабатываемого сырья:

Натуральные сыры	80
Обезжиренные и низкожирные сыры	65
Брынза	65
Творог	80
Казеин	75

На современных молочных заводах, особенно с «сухим режимом» содержания полов, за счет устройств специальных систем сбора выход молочной сыворотки близок к теоретическому.

Оценивая молочную сыворотку в целом, следует подчеркнуть ее значимость как «полумолока» и отнести к лактозосодержащему сырью [11, 23, 24, 25, 26, 27]. При этом каждое составляющее молочную сыворотку соединение (вещество, компонент) заслуживает специального рассмотрения.

1.4. Идентификация основных компонентов молочной сыворотки

Ниже в систематизированном виде, применительно к феномену молочной сыворотки как БТС, представлены краткие сведения, для идентификации по компонентам (комплексам) молочной сыворотки в логике традиционной весомости при оценке молока — жир, белки, лактоза, минеральные соли, БАВ и вода. Естественно, при этом весомость каждого комплекса в сухом веществе молочной сыворотки и абсолютном содержании остаются неизменными.

1.4.1. Липидный комплекс

Липиды молочной сыворотки, как и молока, ассоциируются с молочным жиром в виде шариков — эмульсии или суспензии в зависимости от температуры. В нативной молочной сыворотке жир присутствует в эмульгированном виде, что следует учитывать при организации обработки, например, сепарировании.

Изучение липидного комплекса молочной сыворотки в рамках классической науки — липидомиики [28] — имеет не только познавательное, но и практическое значение: для пополнения ресурсов продуктов питания и обеспечения технологии, например, при получении молочного сахара.

Кластерная структура молочного жира, как объекта нанотехнологии, достаточно четко обоснована в работах И. Т. Смыкова [29, 30]. На рис. 1.9 показана структура кластерной системы липидного комплекса молочной сыворотки в нашем понимании.

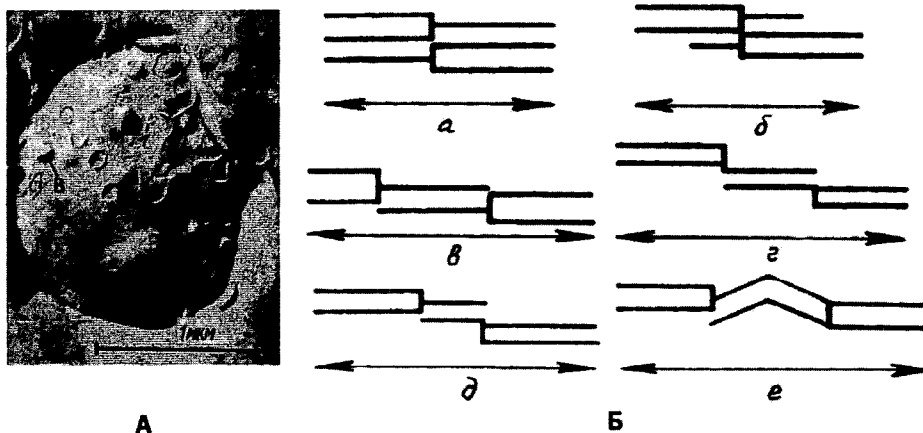
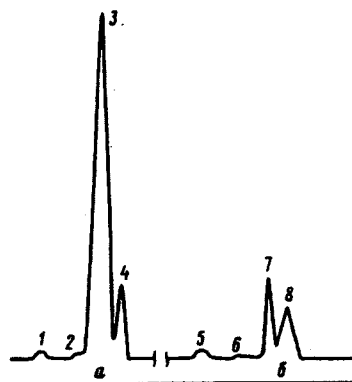


Рис. 1.9. Липидный комплекс молочной сыворотки: А — жировой шарик; Б — структура глицеридов молочного жира: а — насыщенных однокислотных, б — насыщенных двухкислотных с разницей в длине кислотной цепи на два атома углерода, в, г — насыщенных двухкислотных с разницей в длине кислотных цепей более чем на два атома углерода, д — насыщенных разнокислотных, е — олеодинасыщенных

Основа формирования липидного комплекса молочной сыворотки — жирнокислотный состав — в виде хроматограмм показан на рис. 1.10.

Рис 1.10. Хроматограмма летучих жирных кислот творожной (а) и подсырной (б) сыворотки: 1, 5 — масляная, 2, 6 — пропионовая; 3, 7 — уксусная; 4, 8 — муравьиная



Следует обратить внимание, что на основе ЛЖК сформирован новый взгляд [31] на оригинальную составляющую молочной сыворотки — осмофорические соединения, которые рассматриваются далее в специальном разделе настоящей главы.

Молочный жир занимает в сухом веществе молочной сыворотки всего около 5%, однако играет существенную роль в процессах промышленной обработки, в т. ч. опосредованно через фосфолипиды, липопротеины и даже жирсахара. Липидный комплекс безусловно подлежит выделению из молочной сыворотки в идентифицированном комплексе, отдельных фракциях или совместно с другими компонентами.

1.4.2. Азотсодержащий комплекс

Азотсодержащий комплекс молочной сыворотки представлен белковыми веществами (протеины) и небелковыми соединениями; занимает в массе сухого вещества до 15%.

Белковые вещества молочной сыворотки исключительно многообразны и постоянно исследуются в рамках протеомики и пептидомики. На последних Международных конференциях по молочной сыворотке (2005 и 2008 гг.) они являлись доминантой практически во всех докладах, особенно специалистов медиков и нутрициологов (питание). Номенклатура, состав и функциональные свойства белков молочной сыворотки достаточно хорошо исследованы, имеются системные публикации [32, 33, 34, 35, 36, 37].

Кластерная структура белковых веществ, в плане нанобиотехнологии, так же достаточно полно представлена в работах И. Т. Смыкова [29, 30]. На рис. 1.11 показана классическая схема формирования структур (четыре уровня) белков.

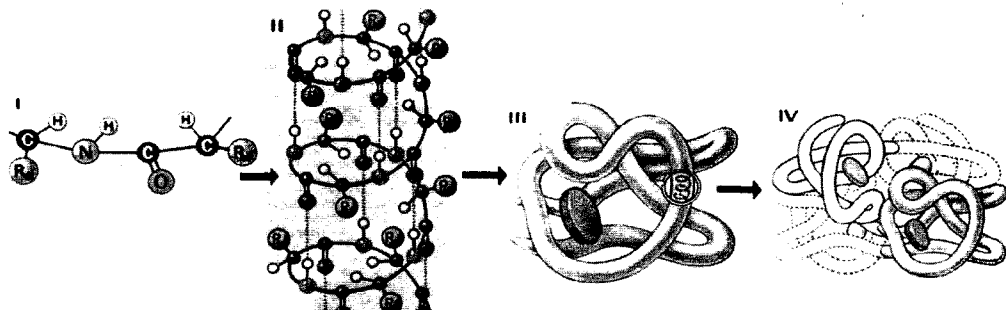


Рис. 1.11. Кластерные структуры белков молочной сыворотки:
I — первичная, II — вторичная, III — третичная, IV — четвертичная

Казеиновые фракции исходного молока в молочной сыворотке представлены в виде скоагулированных частиц т. н. «сырной или казеиновой пыли» и нетолерантных (не коагулируют) к ферментам — в основном, протеозо-пептоны и γ -казеин. Присутствующий в молочной сыворотке казеин подлежит удалению с позиций технологии и экономики.

Распределение казеиновых частиц в подсырной сыворотке показано на рис. 1.12, что определяет необходимый уровень аппаратно-процессового оформления для извлечения.

Протеозо-пептоны, γ -казеин и др. фракции, переходящие в молочную сыворотку (их масса) рассматриваются в комплексе с сывороточными белками.

Сывороточные белки по своему статусу (заложено даже в названии) остаются в БТС молочной сыворотки и являются объектом многолетних исследований. Их фракционный состав показан в табл. 1.19.

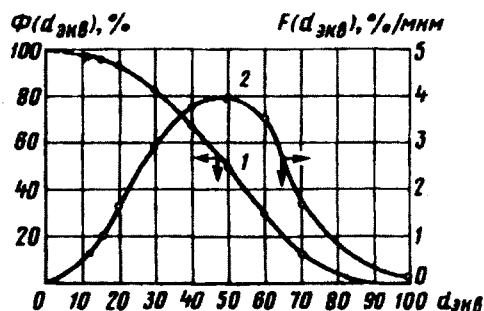


Рис. 1.12. Распределение частиц казеина (по массе) в подсырной сыворотке: 1 — интегральная функция $\Phi(d_{зкв})$; 2 — дифференциальная функция $F(d_{зкв})$

Таблица 1.19. Характеристика белковых соединений сыворотки

Фракции белков	Массовая доля, %	Молекулярная масса	Изоэлектрическая точка, pH	Температура денатурации, °C
Лактальбуминовая	0,4–0,5	—	—	—
α-лактальбумин	—	15100–16500	5,10	60–95
альбумин сыворотки крови	—	69000	4,70	60–95
β-лактоглобулин	—	35500–40020	4,50	75–90
Лактоглобулиновая	0,06–0,08	—	—	—
эвглобулин	—	180000–252000	6,50	75–90
псевдоглобулин	—	180000–289000	5,60	75–90
Протеозо-пептоны	0,1	—	—	—
γ-казеин	—	30600	4,60–6,00	100

Сложность фракционного состава белков молочной сыворотки и в то же время их идентичность независимо от места получения можно подтвердить электрофореграммами подсырной и творожной сыворотки, а также образцами подсырной сыворотки с различных предприятий [38] (рис. 1.13).

Главными из сывороточных белков являются β-лактоглобулин и α-лактальбумин. Сывороточные белки богаты дефицитными незаменимыми аминокислотами (лизин, триптофан, метионин, треонин) и цистеином, что позволяет отнести их к наиболее биологически ценной части белков молока. Использование белков молочной сыворотки в пищевых целях имеет большое практическое значение. Традиционно их извлекали в денатурированном состоянии. В настоящее время для выделения в нативном состоянии используются мембранные методы и сорбция-десорбция.

Кратко остановимся на отдельных фракциях белкового комплекса молочной сыворотки. На долю β-лактоглобулина приходится около половины всех сывороточных белков (или 7–12% общего количества белков молока). В молоке β-лактоглобулин находится в виде димера, состоящего из двух полипептидных цепей с молекулярной массой около 18000 Да каждая. При нагревании молока до температуры выше 30 °C β-лактоглобулин распадается на мономеры, которые при дальнейшем нагревании агрегируют за счет образования дисульфидных связей.

Денатурированный в процессе пастеризации β-лактоглобулин образует комплексы с κ-казеином мицелл казеина и осаждается вместе с ними при кислотной или сычужной ко-

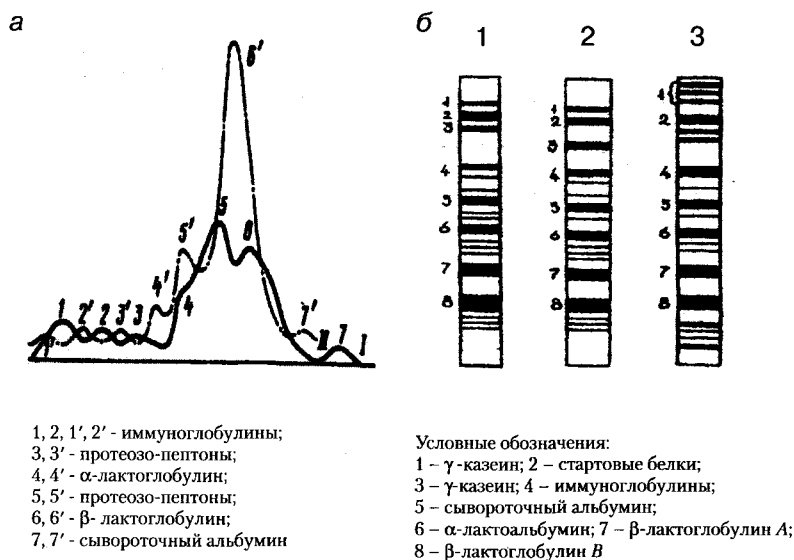


Рис. 1.13. Электрофореграммы: а — подсырной и творожной сыворотки; б — подсырной сыворотки с различных молочных заводов (по В.Л. Иванову): 1 — Ленинградский СК (Кубань); 2 — Тихорецкий СК (Кубань); 3 — Алейский СК (Алтай)

агуляции казеина. Образование комплекса « β -лактоглобулин-к-казеин» значительно ухудшает атакуемость к-казеина сычужным ферментом и снижает термоустойчивость мицелл казеина.

Вторым важнейшим белком молочной сыворотки является α -лактальбумин (его содержание составляет 2–5% общего количества белков молока), в составе которого обнаружена лактоза. Этот белок является частью лактозосинтезирующей системы и участвует в последней стадии биосинтеза лактозы. α -лактальбумин является гетерогенным белком. Он содержит главный компонент, имеющий два генетических варианта (молекулярная масса около 14000 Да), а также минорные компоненты, некоторые из которых являются гликопротеидами.

В молоке α -лактальбумин тонкодиспергирован (размер частиц 15–20 нм). Он не коагулирует в изоэлектрической точке (при pH 4,2–4,5) в силу своей большой гидратированности, не свертывается под действием сычужного фермента, термостабилен. Повышенная устойчивость α -лактальбумина к нагреванию обусловлена наличием в его молекуле большого количества дисульфидных связей. Альбумин сыворотки крови не синтезируется в молочной железе, а поступает в молоко из крови. В молоке коров, больных маститом, содержание этой фракции увеличено.

Иммуноглобулины (иммунные глобулины) — в обычном молоке содержатся в очень малых количествах (1,9–3,3% общего количества белков). В молозиве они составляют основную массу (до 90%) сывороточных белков. Иммуноглобулины объединяют группу высокомолекулярных белков (гликопротеидов), выполняющих функцию антител. Антитела — вещества, образующиеся в организме животного при введении в него различных чужеродных белков (антигенов) и нейтрализующие их. К ним относятся агглютинины, бактериолизины, преципитаты, антитоксины и др. Иммуноглобулины молока обладают резко выраженными

свойствами агглютинации — склеивания микробов и других чужеродных клеток, а также шариков жира.

Из молозива и коровьего молока выделено три основные группы иммуноглобулинов (Иг): G, A и M. В количественном отношении преобладают иммуноглобулины группы G, главным образом ИгG₁, и в меньшей степени, ИгG₂, ИгG₁ и ИгG₂ имеют молекулярную массу около 150000 и представляют собой момеры. ИгA является димером, ИгM — пентамером. Содержание углеводов в ИгG составляет (2–4)%, в ИгA — (8–9)%, в ИгM — (10–12)%.

Протеозо-пептоны (протеозо-пептонная фракция) — это наиболее термостабильная часть сывороточных белков. Протеозо-пептоны не осаждаются из молока при pH 4,6 после нагревания (до 95–100 °C) в течение 20 мин. Они составляют около 24% сывороточных белков и 2–6% всех белков молока. Протеозо-пептонная фракция неоднородна по составу и состоит из четырех компонентов, которые называют компонентами 3, 5, 8 «быстрый» и 8 «медленный». Компонент 3 представляет собой сывороточный белок с молекулярной массой около 41000 Да и высоким содержанием углеводов (до 17%). Остальные компоненты являются фосфопептидами, образующимися вместе с γ -казеинами при расщеплении β -казеина протеиназами молока. Содержание протеозо-пептонной фракции увеличивается в процессе длительного хранения молока при 3–5 °C. Эта фракция является промежуточной между собственно белками и полипептидами.

На рисунке 1.14 приведены молекулярные структуры основных белков молочной сыворотки [39, 40]. За некоторой экзотичностью приведенных структур скрывается сложность их организации и бесконечность познания с возможностью практического использования для «разборки» (гидролизаты) и «сборки» (нанотрубки).

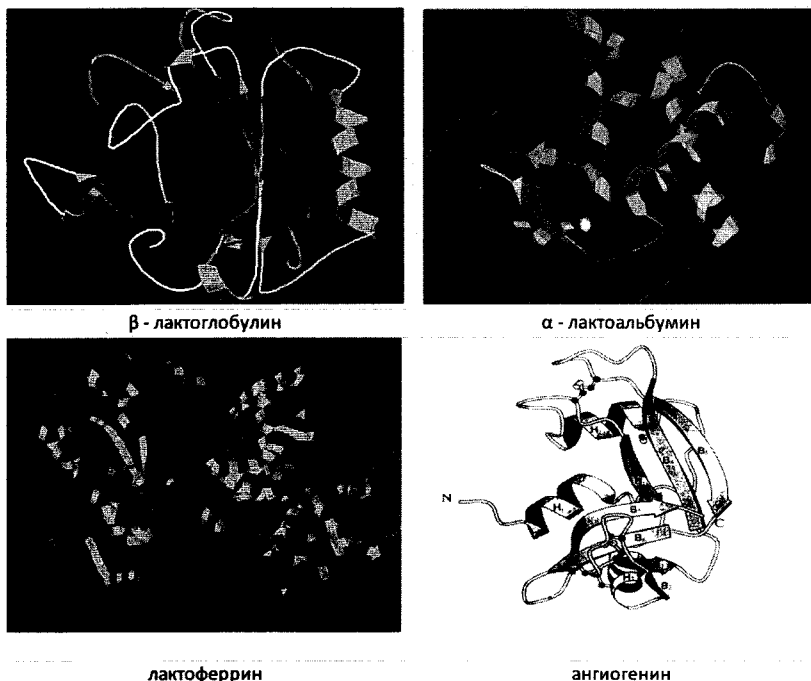


Рис. 1.14. Молекулярные структуры некоторых белков молочной сыворотки: β -лактоглобулина [39], α -лактоальбумина [39], лактоферрина [39], ангиогенина [40]

Сравнительная ценность основных фракций белков молочной сыворотки подтверждается их аминокислотным составом в сравнении с казеином (табл. 1.20).

Таблица 1.20. Сравнительная биологическая ценность белков молока

Аминокислота, мг/100 г	Казеин	Альбумин	Глобулин
Аргинин	4,1	1,2	2,9
Аспарагиновая кислота	7,1	18,7	11,4
Цистин	0,34	6,4	2,3
Глютаминовая кислота	22,4	12,9	19,5
Гистидин	3,1	2,9	1,6
Лейцин	9,2	11,5	15,6
Изолейцин	6,1	6,8	8,4
Лизин	8,2	11,5	11,4
Метионин	2,8	1,0	3,2
Фенилаланин	5,0	4,5	3,5
Пролин	11,3	1,5	4,1
Серин	6,3	4,8	5,0
Треонин	4,9	5,5	5,8
Триптофан	1,2	7,0	1,9
Тирозин	6,3	5,4	3,8
Валин	7,2	4,7	5,8

Очевидно, что общее содержание незаменимых аминокислот, как в альбумине, так и в глобулине значительно выше, чем в казеине. Интегральный коэффициент биологической ценности сывороточных белков, рассчитанный по методике ФАО/ВОЗ, оценивается в 1,3 по сравнению с казеином, что указывает на необходимость их обязательного извлечения и последующего рационального использования. Например, по данным Н. П. Кустова [41] сывороточные белки могут служить дополнительным источником метионина, лизина, треонина, триптофана и лейцина.

Г. Б. Гаврилов [24] приводит информацию о биологической ценности (по аминокислотному скору) сывороточных белков в процессе получения советского сыра (табл. 1.21).

Таблица 1.21. Биологическая ценность белков сыворотки, полученной при выработке сыра Советский

Аминокислоты	Идеальный белок, г/100 г	Содержание аминокислот в 100 г белка сыворотки, г	Скор, %
Валин	5,0	6,5	130,0
Изолейцин	4,0	5,5	137,5
Лейцин	7,0	8,8	125,7
Лизин	5,5	8,0	145,4
Метионин+цистин	3,5	4,6	131,4
Треонин	4,0	6,1	152,5
Триптофан	1,0	1,3	130,0
Фенилаланин+тирозин	6,0	6,0	100,0

Индустрия производства фракций сывороточных белков практически состоялась (к сожалению, пока за рубежом). Можно определенно говорить об ангиогенине (отечественная разработка школы академика И. А. Рогова), бета-глобулине, лактоальбумине, иммуноглобулине, лактоферрине, лактопероксидазе, *L*-карнитине, фолатах, остеопонтине и др. минорных фракциях молочной сыворотки, как исходном сырье для их получения [42, 43, 44]. Детальное изложение информации по этим фракциям в главе 17.

Еще более интересные возможности, в т. ч. с коммерческой точки зрения, открываются в тематике получения гидролизатов сывороточных белков — комплекса или селективного набора аминокислот. Аминокислотный пул сывороточных белков вполне логично (аналог крови) многообразен и приведен для сведения в табл. 1.22.

Таблица 1.22. Аминокислотный состав белков молочной сыворотки

Аминокислота	Содержание, %				
	Казеин	β-лакто-глобулин	α-лакто-альбумин	Иммуно-глобулин	Альбумин сыворотки крови
Аланин	3	6,9	2,1	—	6,2
Аргинин	4,1	2,7	1,2	3,5	5,9
Аспарагиновая кислота	7,1	11,4	18,7	9,4	10,9
Валин	7,2	5,8	4,7	9,6	12,3
Глицин	2,7	1,4	3,2	—	1,8
Глютаминовая кислота	22,4	19,1	12,9	12,3	16,5
Гистидин	3,1	1,6	2,9	2,1	4
Изолейцин	6,1	6,8	6,8	3,1	2,6
Лейцин	9,2	15,1	11,5	9,1	12,3
Лизин	8,2	11,7	11,5	7,2	6,3
Метнонин	2,3	3,2	1	1,1	0,8
Пролин	11,3	5,1	1,5	—	4,8
Серин	6,3	3,6	4,8	—	4,2
Треонин	4,9	5,2	5,5	10,1	5,8
Триптофан	1,7	1,3	7	2,7	0,7
Тирозин	6,3	3,6	5,4	—	5,1
Цистин + цистин	0,35	3,4	6,4	3	6
Фенилаланин	5	3,5	4,5	3,8	6,6

На приведенном ниже рисунке 1.15 показано распределение аминокислот в белках молочной сыворотки.

Получение пептидов (макро- и микро-), направленный и управляемый гидролиз (протеолиз) белков молочной сыворотки до аминокислот освоен в отрасли и представляет самостоятельную коммерческую составляющую. Феноменом является селективное извлечение нежелательных пептидов и аминокислот из рацемической смеси. Это реализовано на примере фенилаланина. Подробная информация в главе 18.

Небелковые азотистые соединения молочной сыворотки представляют собой промежуточные и конечные продукты азотистого обмена в организме животного и в молоко попадают непосредственно из крови (мочевина, пептиды, аминокислоты, креатин и креатинин, аммиак, оротовая, мочева и гиппуровая кислоты). Общее их количество составляет 30–60 мг% или около 5% от общего содержания азота в молоке. Нормальное содержание мочевины в крови и молоке составляет 15–30 мг%. Количество ее возрастает в весенне-летний период при

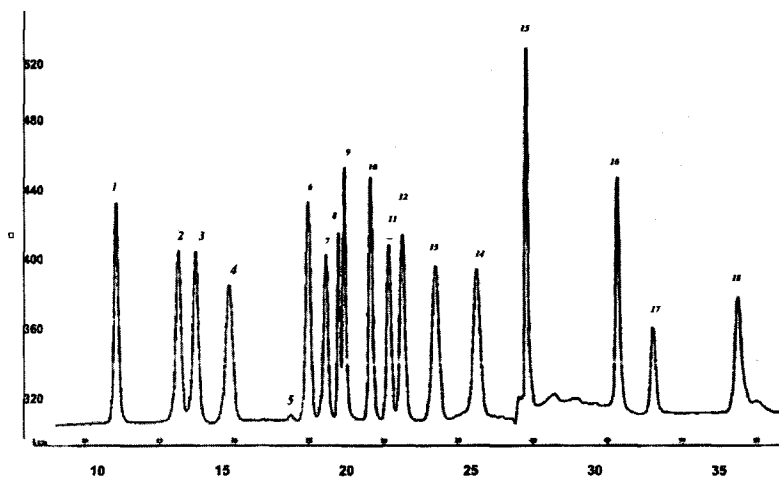


Рис. 1.15. Хроматограмма аминокислотного состава молочной сыворотки: 1 — аспарагиновая кислота; 2 — треонин; 3 — серин; 4 — глютаминовая кислота; 5 — пролин; 6 — глицин; 7 — аланин; 8 — цистин; 9 — валин; 10 — метионин; 11 — изолейцин; 12 — лейцин; 13 — тирозин; 14 — фенилаланин; 15 — гистидин; 16 — лизин; 17 — аммоний; 18 — аргинин

избыточном потреблении белков с зеленым кормом или при скормливания больших доз карбамида. На азот пептидов и аминокислот приходится около 5–8 мг %. Общее количество креатина и креатинина не превышает 2,5–4,5 мг %. Содержание небелковых азотистых соединений в молочной сыворотке приведено ниже, мг % [11]:

Азота общего небелкового	25,5	Креатинина	1,8
Аминокислот	3,9	Мочевой кислоты	1,8
Мочевины	13,4	Пуриновых оснований	2,6
Креатина	2,5	Аммиака	1,2

В состав аминокислот молочной сыворотки входят аминокислоты белковых веществ и свободные аминокислоты. Аминокислотный состав казеина и сывороточных белков несколько различен (табл. 1.22). В альбумине содержание триптофана в 4 раза больше, чем в казеине, содержание незаменимой аминокислоты (содержащей серу) цистина в глобулине — почти в 7 раз, а в альбумине — в 19 раз больше, чем в казеине. В альбумине и глобулине также больше незаменимой аминокислоты лизина, которая играет определенную роль в защитных реакциях организма. Такое содержание аминокислот важно для биологических процессов, происходящих в организме. Сывороточный белок считается наиболее ценным белком молока. По своей биологической ценности он превышает даже белок куриного яйца, так как для покрытия суточной потребности человека в незаменимых аминокислотах требуется 28,4 г общего белка коровьего молока, 17,4 г яичного и всего лишь 14,5 г сывороточного белка в нативном состоянии.

Количество таких лимитированных аминокислот, как фенилаланин и тирозин, составляет в сывороточном белке 71–75 % их содержания в яичном белке. В молочной сыворотке содержатся все незаменимые аминокислоты (табл. 1.23)

Таблица 1.23. Общее содержание аминокислот в молочной сыворотке, мг/л

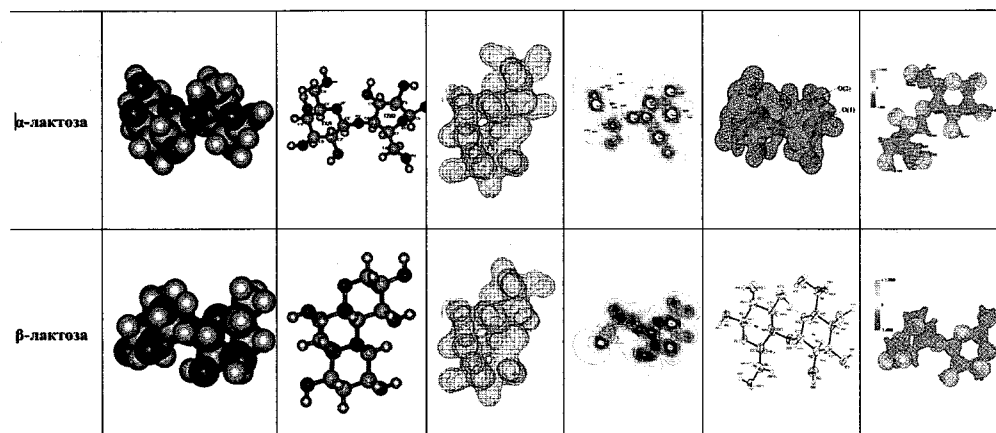
Сыворотка	Аминокислоты			
	Свободные		В составе белков	
	всего	в том числе незаменимые	всего	в том числе незаменимые
Подсырная	132,7	51,0	6490	3326
Творожная	450,0	356,0	5590	2849

Общее содержание аминокислот в подсырной и творожной сыворотке примерно одинаково. Однако в творожной сыворотке содержится в 3,5 раза больше аминокислот и в 7 раз больше незаменимых свободных аминокислот (в основном за счет валина, фенилаланина, лейцина, изолейцина), чем в подсырной. Это можно объяснить тем, что при производстве творога происходит более интенсивный гидролиз белков, чем при производстве сыра. Содержание свободных аминокислот в подсырной сыворотке в 4 раза больше, чем в исходном молоке, а в творожной — в 10 раз.

На современном уровне познания видимо можно согласиться с мнением зарубежных экспертов из смежных областей протеомики, что азотсодержащий комплекс молочной сыворотки уникален и является «бездонным кладезем» для их получения и модификации.

1.4.3. Углеводный комплекс молочной сыворотки

Углеводы молочной сыворотки представлены в основном лактозой — сахаром животного происхождения (в русской терминологии, особенно для продукта, — молочный сахар или сахар молочный). Она (он) составляет основную массу в сухом веществе молочной сыворотки (более 70%) и характеризует при получении молочного сахара показатель доброкачественности — ДК или чистоты — Ч. Кластерная структура лактозы идеализирована к процессам нанотехнологии (размер молекулы на уровне $1 \text{ нм} = 10^{-9}$) и показана на рис. 1.16.

Рис. 1.16. Кластерная структура аномеров лактозы ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$)

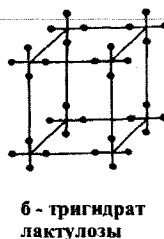
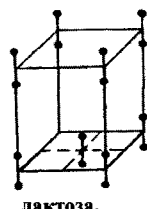
Лактоза, как углевод, является благодатной средой для биотехнологии — исторически реализована в технологии кисломолочных продуктов: напитки, сыр, творог и др. Молочная сыrovотка, с данной позиции, может считаться идеализированной средой для ферментации, что будет показано неоднократно в монографии на тривиальных примерах (сбраживание).

Лактоза (молочный сахар) относится к классу олигосахаридов, а именно дисахаридов. Предполагается, что лактоза может существовать в пяти изомерных формах: α , β , γ , δ и ϵ , причем α - и β -формы являются основными. Практически известны три формы лактозы: α -гидрат, α -ангидрид и β -ангидрид. Обычный молочный сахар, вырабатываемый на молочных предприятиях, является α -гидратом.

Агрегатное состояние лактозы в водных растворах зависит от температуры и концентрации. В молочном сырье она находится в виде истинного раствора. В пересыщенных растворах лактоза образует кристаллы. В сухом молоке и насыщенных растворах лактоза находится в аморфном состоянии.

На рис. 1.17 приведены рентгенограммы всех состояний аномеров, хроматограммы углеводов подсырной и творожной сыворотки, элементарная ячейка и кристаллы лактозы.

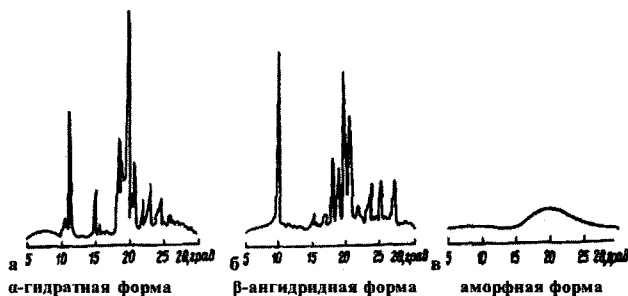
Структурный
тип ячейки:



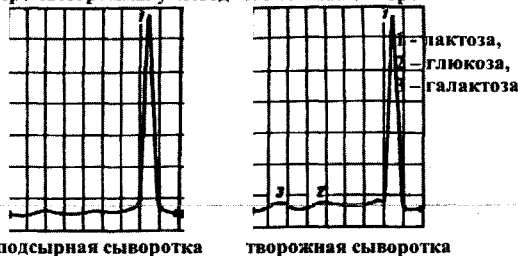
Пространственное
строение
кристалла
молочного сахара



Рентгенограммы различных форм лактозы



Хроматограммы углеводного состава сыворотки



Кристаллографическая структура альфа- и бета-форм лактозы

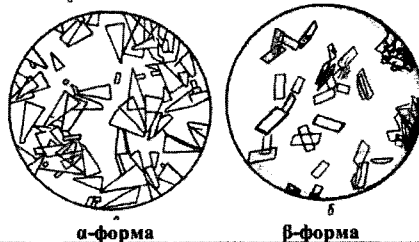


Рис. 1.17. Структурно-механические и эвристические характеристики лактозы (молочного сахара)

Свойства α - и β -форм различны, что необходимо учитывать при выработке молочного сахара. Растворимость лактозы в различных растворителях также различается. В водных растворах она зависит от pH среды, температуры, присутствия других веществ. В присутствии белков, минеральных солей растворимость лактозы повышается за счет мелассообразующей способности несахаров, особенно минеральных солей. Это особенно важно учитывать при выработке молочного сахара. Чем ниже качество очистки сыворотки от несахаров, тем больше лактозы остается в мелассе. В серном эфире, абсолютном этиловом и метиловом спиртах лактоза практически нерастворима, что используют для получения чистого продукта путем промывки кристаллов спиртом.

Лактоза кристаллизуется из пересыщенных растворов при температуре ниже 93 °C — α -гидратная, выше — β -ангидридная. Она может образовывать метастабильные растворы с сохранением в течение длительного времени пересыщения без образования кристаллов. Оптимальный коэффициент пересыщения сывороточных сиропов при производстве молочного сахара равен 1,8. Степень пересыщения лактозы можно рассчитать по формуле (1.9):

$$K_{II} = \frac{K_{\Phi}}{K_n}; \quad (1.9)$$

где K_n — коэффициент пересыщения; K_{Φ} — количество вещества в исследуемом растворе при данной температуре; K_n — количество вещества в насыщенном растворе.

При охлаждении растворов, содержащих лактозу, выкристаллизовывается α -форма, как менее растворимая. Равновесие форм в растворе нарушается и часть β -формы переходит в α -форму, которая вновь выкристаллизовывается. Скорость роста кристаллов зависит от ряда факторов и в частности от скорости перехода β -формы в α -форму. Форма кристаллов неоднородна. Кристалл может иметь до 16 поверхностей в виде трапеции, четырехугольника, параллелепипеда и ромба. Длина кристалла лактозы примерно в 1,8 раза больше ширины. Различный внешний вид кристаллов лактозы обусловлен особенностями роста отдельных граней.

Лактоза относится к активным редуцирующим углеводам. Она обладает слабыми кислотными свойствами и связывает приблизительно два моля едкого натра на один моль сахара. Наличие в структуре лактозы различных функциональных групп придает ей повышенную химическую активность. Альдегидная, первичная и вторичная гидроксильные группы лактозы обуславливают реакции присоединения, окисления, восстановления и осмоления. В щелочных растворах лактоза окисляется до сахариновых кислот, а затем осмоляется — буреет.

Нагревание лактозы и ее водных растворов вызывает значительные изменения. Кристаллы α -гидрата при нагревании до 87 °C начинают плавиться, при 100 °C постепенно теряют кристаллизационную воду, а при 110 °C становятся безводными. При 120 °C начинается процесс карамелизации — кристаллы темнеют, а при 170–180 °C процесс заканчивается образованием изолактанов. Термоустойчивость растворов лактозы зависит от многих факторов: концентрации лактозы в растворе, pH среды, чистоты раствора и др. В процессе нагревания идет накопление кислых соединений, возрастание оптической плотности за счет накопления красящих соединений, изменение цвета. При температуре выше 100 °C растворы лактозы приобретают коричневую окраску. Этот процесс рассматривают как реакцию взаимодействия углеводов и азотсодержащих соединений с образованием темноокрашенных соединений — меланоидинов. Повышение температуры, щелочная реакция среды, наличие ионов меди и железа ускоряют процесс образования меланоидинов. При производстве молочного сахара меланоидиновая реакция по возможности должна быть исключена.

Гликозидная связь между монозами в молекуле лактозы может быть гидролизована химически или ферментативно. Химический гидролиз лактозы может быть вызван действием сильных кислот (например, соляной). Один грамм лактозы в 100 мл 10%-ной соляной кислоты при температуре 100 °C полностью гидролизуется на глюкозу и галактозу в течение 1 ч. Гидролиз соляной кислотой может протекать и при низких температурах (ниже 10 °C).

Лактоза сравнительно легко гидролизуеться до моносахаров лактазой (β -галактозидазой). Продуцентами фермента лактазы могут быть дрожжи или грибы. Условия гидролиза зависят от вида используемого фермента (грибного или дрожжевого происхождения). Фермент действует как на α -, так и на β -формы лактозы. Процесс нашел промышленное применение при выработке глюкозо-галактозных сиропов.

Лактоза легко сбраживается молочнокислыми бактериями. В зависимости от вида микроорганизмов процесс может идти по гликолитической схеме (гомоферментативное брожение) или по гексозомонофосфатному пути (гетероферментативное брожение). В первом случае из молекулы лактозы образуются две молекулы молочной кислоты, во втором — молочная кислота, углекислота, этиловый спирт и уксусная кислота. Процессы широко используют в молочной промышленности при выработке всех кисломолочных продуктов, сыров, этилового спирта, продуктов микробного синтеза на молочной сыворотке. Теоретически по количеству молочной кислоты в молочном сырье можно судить о степени разложения лактозы. Однако между расчетными и опытными данными имеется некоторая разница, возрастающая по мере нарастания кислотности. Зависимость между кислотностью и массовой долей молочного сахара в молочной сыворотке приведена в табл. 1.24.

Таблица 1.24. Зависимость между кислотностью и массой лактозы в молочной сыворотке

Кислотность сыворотки, °Т	Массовая доля молочного сахара, %	Отклонения от массовой доли лактозы в сыворотке, %		Расхождение между опытными и расчетными данными, %
		по опыту	по расчету	
11–13	5,03	—	—	—
30–40	4,78	0,25	0,19	0,06
40–50	4,66	0,37	0,28	0,09
50–60	4,59	0,44	0,36	0,08
60–70	4,45	0,58	0,42	0,16
70–80	4,31	0,72	0,48	0,24
80–90	4,12	0,91	0,61	0,30
90–100	4,02	1,01	0,69	0,32

При производстве молочного сахара сбраживание лактозы необходимо исключить. Лактоза является основным углеводным компонентом молока, который почти полностью переходит в сыворотку и ее содержание в молоке различных видов млекопитающих может колебаться в значительных пределах (от 0,1 % до 7,0 %). Содержание лактозы (в %) в молоке некоторых млекопитающих приведено ниже [45]:

Человек	7,0	Коза	4,7
Лошадь	6,9	Корова	4,6
Ослица	6,1	Собака	3,8
Лама	5,6	Мышь	3,0
Зебра	5,3	Дельфин	1,1
Свинья	5,0	Тюлень	0,1

Лактозу применяют при производстве продуктов детского питания, супов и соусов, в кондитерской промышленности (печенье, бисквиты, шоколад, кондитерские изделия). Ее также широко используют в фармацевтической промышленности как наполнитель таблеток, а в сухой гранулированной форме — в качестве наполнителя при производстве порошковых ингаляторов. Кроме того, можно считать установленным, что лактоза и ее производные в настоящее время рассматриваются как биоактивные компоненты продуктов питания [45]. Низкие показатели сладости, кариогенности, энергетической ценности (2–4 ккал/г); диетические

и пребиотические свойства; улучшение поглощения кальция и магния делают лактозу привлекательным товаром. А ее производные — лактулоза, лактитол и ГОС, рассматриваются как факторы «здоровья кишечника».

Лактозу можно применять диабетикам, так как она имеет гликемический индекс менее 50. Способность углеводов вызывать повышение уровня сахара в крови (гипергликемию) определяется гликемическим индексом. Этот индекс будет тем выше, чем выше уровень сахара в крови, вызванный расщеплением углеводов. По гликемическому индексу углеводы делят на плохие (с гликемическим индексом выше 50), и хорошие (с гликемическим индексом ниже 50). На рис. 1.18 приведен гликемический индекс лактозы в сравнении с некоторыми моно- и дисахаридами.

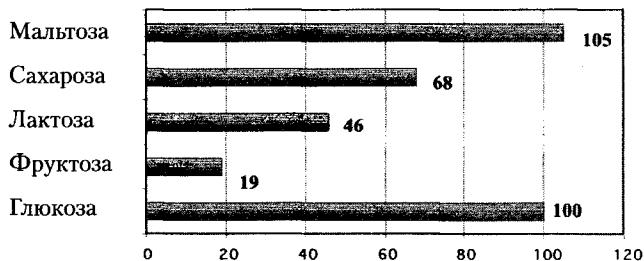


Рис. 1.18. Диабетический показатель некоторых видов углеводов

Сладость лактозы меньше, чем сладость сахарозы, она менее гигроскопична и более сыпуча, чем сахароза, обладает хорошими поглощательными свойствами. Степень сладости лактозы относительно некоторых видов углеводов:

Сахароза	1	Ксилоза	0,6–0,7
Глюкоза	0,6–0,7	Лактоза	0,2–0,4
Мальтоза	0,4–0,5	Фруктоза	1,3
Сорбоза	0,4	Галактоза	0,5–0,7

Способность лактозы сорбировать ароматические вещества (АВ) значительно выше, чем у других углеводов, что используется на практике при изготовлении ряда продуктов питания и напитков. В табл. 1.25 эти показатели приведены для сведения и возможного практического использования.

Таблица 1.25. Сладость и сорбция АВ различными углеводами

Углевод	Сладость по точечной шкале	Поглощение АВ (10^2 ммоль/г)
Сахароза	100	0,10
Фруктоза	125	0,25
Глюкоза	72	1,25
Лактоза	38	1,90

1.4.4. Минеральный комплекс

Минеральный комплекс молочной сыворотки представлен минеральными веществами молока, солями, вводимыми в процессе производства основного продукта, и соединениями, переходящими со стенок машин и аппаратов. Общее содержание минеральных веществ по ее зольности составляет ($0,6 \pm 0,1$)%. Преобладающими катионами являются: калий, натрий, кальций, магний, железо и микроэлементы; преобладающие анионы — радикалы лимонной

и фосфорной кислот, хлора. Соотношение между минеральными веществами молока и сыворотки примерно одинаковое (табл. 1.26).

Таблица 1.26. Распределение минеральных компонентов в золе, %

Продукты	Содержание минеральных компонентов в золе, %						
	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃
Молоко	24,30	2,20	8,00	22,00	0,28	0,28	28,60
Сыворотка	20,12	2,37	9,24	31,29	—	—	27,70

Минеральные вещества в сыворотке находятся в виде истинного и молекулярного раствора, в коллоидном состоянии, в виде солей органических и неорганических кислот. Общее количество минеральных солей достигает 7 г/л. Минеральные вещества сыворотки относятся к несахарам и затрудняют ее переработку на молочный сахар. Детальное изучение этой проблематики было проведено на хорошем методическом уровне А. М. Рагимовой [46]. Раствор минеральных солей способствует повышению растворимости лактозы и снижает степень ее выкристаллизации. Катионы и анионы обладают патокообразующей способностью, что снижает выход молочного сахара и увеличивает отход лактозы в мелассу. Кроме того, труднорастворимые кальциевые соли фосфорной и лимонной кислот при тепловой обработке выпадают в осадок, отлагаются на поверхности выпарных аппаратов и снижают эффективность сгущения, увеличивают расход пара на единицу испаренной влаги. Особую значимость минеральный комплекс молочной сыворотки приобрел в плане практического применения деминерализации ионным обменом и электродиализом. Видимо, этот процесс становится типовой операцией подготовки молочной сыворотки для дальнейшего использования в технологии продуктов функционального питания. При этом сопровождающие процесс деминерализации — дезактивация, возможность регулирования кислотности и аминокислотного пула имеют исключительно позитивное значение. Следует иметь в виду, что, безусловно, все процессы с минеральным комплексом рассматриваются на уровне нанотехнологии, как идеальные кластеры. А микроэлементы молочной сыворотки и ионизированные соли относятся к области микромира, в котором действуют законы квантовой химии.

1.4.5. Витаминный комплекс

Содержание витаминов в молочной сыворотке (мг в 100 г) в сравнении с другими видами молочного сырья показано в табл. 1.27.

Таблица 1.27. Содержание витаминов в молочном сырье

Витамины	Молочная сыворотка	Цельное молоко	Обезжиренное молоко	Пахта
Тиамин (B ₁)	0,37	0,45	0,35	0,36
Рибофлавин (B ₂)	2,00	1,50	1,80	2,00
Пиридоксин (B ₆)	1,30	0,33	1,50	1,60
Кобаламин (B ₁₂)	2,60	4,00	4,00	4,20
Аскорбиновая кислота (C)	4,70	1,50	2,30	2,70
Ретинол (A)	0,04	0,25	0,03	0,08
Токоферол (E)	0,29	0,85	0,50	0,55
Биотин (H)	0,01	56,00	0,01	0,01
Холин	662,00	313,00	328,00	466,00

Следует отметить значительное снижение содержания жирорастворимых витаминов в молочной сыворотке в сравнении только с цельным молоком. Это положение следует учитывать при ее переработке, обогащая продукты витаминами А, D, Е. В то же время, содержание пиридоксина (B_6), холина и рибофлавина (B_2) в молочной сыворотке превышает показатели в молоке, что обусловлено жизнедеятельностью молочнокислых бактерий и рассматривается как положительное явление. В целом БТС молочной сыворотки является кладезем витаминов с возможностью их использования, выделения и даже направленного синтеза биотрансформацией компонентов (резерв нанобиотехнологов и менеджеров).

1.4.6. Другие составные части

Ферментный комплекс представлен всеми ферментами исходного сырья [47] и внесенными в процессе обработки. Для молочной сыворотки особое значение имеют нативные ферменты молока, в т. ч. протеазы [48], остающиеся в молочной сыворотке после биотехнологической обработки, вносимые (остаток) ферменты-коагулянты и ферменты, синтезированные микробным пулом. Липазы, плазмин и лактаза постоянно сопровождают молочную сыворотку при ее обработке, что следует учитывать (изучать, предотвращать, регулировать) по всему ходу технологического процесса, хранении и потреблении получаемых продуктов.

Микробный пул (комплекс) заслуживает специального рассмотрения, что и сделано в настоящей главе, пункт 1.7.

Вода, как отдельный комплекс и основная составляющая (более 90 %) всех видов молочной сыворотки давно и настойчиво ждет своей очереди. Как остроумно заметил на одном из зарубежных саммитов по молочному делу проф. И. А. Евдокимов, может быть, придет время коммерциализации и этой составляющей молочной сыворотки. Гипотетическая модель чистой воды смотрится прекрасно (рис. 1.19).

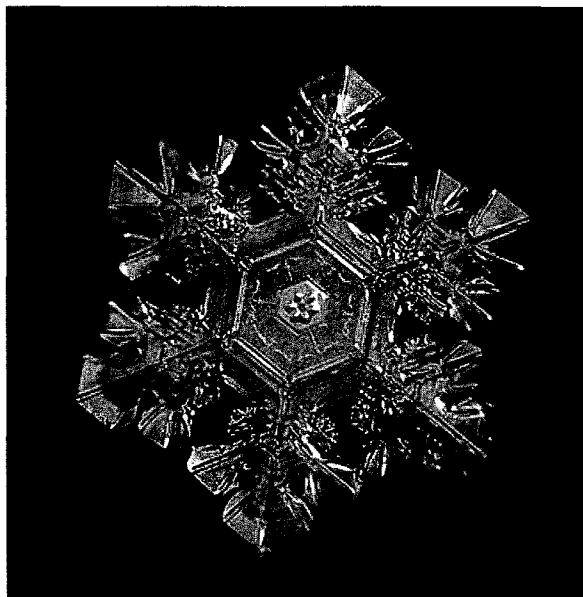


Рис. 1.19. Гипотетическая модель чистой воды в молочной сыворотке

К тому же следует отметить, что вода молочной сыворотки биологически синтезирована и находится во всех возможных физико-химических формах на наноуровне (0,1–0,2 нм). Особое место и роль принадлежит воде (свободной и связанной) в технологическом цикле обработки, хранения и потребления продуктов из/на основе молочной сыворотки.

В целом, все компоненты (комплексы) молочной сыворотки могут претендовать на определение Э. С. Боегорда — «спрятанное сокровище» или бренд последней (по дате проведения) Международной конференции — «ящик с инструментами» для синтеза продуктов нового поколения.

1.4.7. Технологические свойства молочной сыворотки

Состав и свойства молочной сыворотки зависят от вида вырабатываемого основного продукта и технологических режимов его выработки. Именно состав и свойства молочной сыворотки, рассмотренные выше, определяют технологическую направленность и возможность ее промышленной обработки. Кратко поясним это положение по основным компонентам.

Молочная сыворотка, получаемая при производстве натуральных жирных сыров и жирного творога, содержит 0,1–0,6 % казеиновой пыли (в среднем 0,5 %) и около 0,45 % молочного жира. Общее содержание сухих веществ в сыворотке составляет около 50 % от сухих веществ молока.

Размер частиц казеиновой пыли колеблется от 0,05 до 1,5 мм. Содержание ее в подсырной сыворотке зависит от качества исходного молока и методов его обработки в процессе разрезки сгустка и обработки сырного зерна. Разрезка недостаточно прочного геля и интенсификация процессов обработки без должной разработки конструкции аппаратов приводит к увеличению отхода казеиновой пыли и жира в сыворотку. В творожной сыворотке казеиновой пыли содержится несколько больше, а в казеиновой сыворотке — несколько меньше, чем в творожной. Казеиновую пыль с размером частиц 1,0–1,5 мкм можно удалить с помощью центробежной силы в сепараторах-осветлителях и использовать для переработки на пищевые цели.

Количество молочного жира в сыворотке также зависит от вида вырабатываемого продукта, от содержания массовой доли жира в нем и технологии получения. Полигон счетного распределения жировых шариков в подсырной сыворотке показывает, что независимо от массовой доли жира наибольшее число жировых шариков имеет диаметр 1–2 мкм, а основной объем жира заключен в шариках размером 2–6 мкм. Молочный жир также извлекают из сыворотки с помощью сепараторов-разделителей в виде подсырных сливок и используют для переработки на пищевые продукты. Эффективно для выделения казеиновой пыли и молочного жира использовать двухсекционный сепаратор марки А1-ОХС, который позволяет одновременно очистить молочную сыворотку от казеиновой пыли и молочного жира.

Особое внимание следует обращать на разбавление сыворотки водой, использование которой предусмотрено технологией при выработке основного продукта. Это приводит к снижению сухих веществ сыворотки, затрудняет ее переработку и увеличивает затраты на производство продуктов из сыворотки. Контроль за количеством воды, попавшей в сыворотку можно осуществлять по температуре ее замерзания, которая снижается почти в два раз при добавлении 25 % воды.

Молочная сыворотка является хорошей средой для развития различных микроорганизмов. Этому способствует:

- содержание в сыворотке молочнокислых бактерий, которые переходят в нее в процессе выработки основного продукта;
- рост микрофлоры сыворотки в процессе кратковременного хранения до обработки;
- бактериальное обсеменение посторонней микрофлорой в процессе сбора и хранения.

К тому же из основного производства сыворотка поступает с температурой около 30 °С, что соответствует оптимальному росту большинства мезофильных бактерий. Поэтому сбор, первичную обработку, резервирование до переработки необходимо осуществляться быстро, с соблюдением санитарно-гигиенических условий. Несоблюдение этих требований может привести к изменению состава и качества сыворотки. Микробиологические показатели молочной сыворотки по ходу технологического процесса получения сыров и творога приведены в табл. 1.28 и 1.29. Подробнее данный вопрос освещен в пункте 1.7.

Таблица 1.28. Микробиологические показатели подсырной сыворотки

Образцы сыворотки	Содержание в 1 мл подсырной сыворотки			
	Общего количества микроорганизмов ($\cdot 10^2$)	Плесеней	Дрожжей ($\cdot 10^2$)	БГКП ($\cdot 10^2$)
До раскисления	78,13 \pm 5,40	41,5 \pm 9,5	2,23 \pm 0,90	5,0
После раскисления	161,80 \pm 18,10	47,0 \pm 5,0	3,30 \pm 0,40	6,0
После сепарирования	393,10 \pm 4,87	103,6 \pm 9,5	3,30 \pm 0,20	13,0
После хранения	435,00 \pm 20,65	266,5 \pm 34,3	3,88 \pm 0,90	20,0

Таблица 1.29. Микробиологические показатели творожной сыворотки

Стадии технологического процесса	Содержание в 1 мл творожной сыворотки		
	Молочнокислых бактерий	Плесеней	БГКП
Синерезис	99000	—	—
Самопрессование	204000	—	0,03
Прессование	344000	0,20	0,90
Сбор сыворотки	451200	3,08	1,67
Хранение сыворотки	1019000	56,00	41,90

В процессе хранения состав и свойства сыворотки меняются. Связано это с деятельностью молочнокислых бактерий. Лактоза, как наименее устойчивый компонент, подвергается ферментативному гидролизу, ее количество снижается. Кислотность сыворотки возрастает, снижается ее доброкачественность, возрастает мутность. При нарастании кислотности сыворотки до 100 °Т потери лактозы превышают 20 % от исходного содержания. Считают, что подсырную сыворотку с кислотностью 70 °Т перерабатывать в молочный сахар нецелесообразно, так как содержание лактозы в ней невелико, а образовавшаяся молочная кислота снижает доброкачественность и изменяет электрохимические свойства, что приводит к значительному снижению выхода продукта из единицы сырья.

Сохранение исходного качества сыворотки до переработки — одна из важнейших технологических задач при организации ее промышленной обработки. Особую значимость проблема приобрела в связи с централизацией переработки сыворотки: со сбором и транспортировкой в течение длительного времени. В СевКавГТУ поставлены специальные исследования по квалитметрии молочной сыворотки (аспирант А. Б. Кравец) в плане ее адаптации к федеральному ТР и ХАССП. Информация систематизирована в главе 2.

1.5. Осмофорические соединения молочной сыворотки

Е. И. Мельникова [31] впервые исследовала содержание осмофорических соединений молочной сыворотки. Данный вопрос рассмотрен в плане идентификации ароматов творожной сыворотки с определением их роли и значения при получении молокосодержащих продуктов (в соответствии с ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию») [49]. Ниже в логической последовательности, с согласия автора исследований, излагаются материалы из работ [31, 50, 51, 52, 53] по данной проблеме.

1.5.1. Обоснование проблематики

Исследования вкуса и запаха молочной сыворотки, а также получаемых из нее продуктов имеют важное практическое значение. Установление природы и механизма образования вкусовых и осмофорических веществ, влияния технологических факторов, продолжительности хранения исключают появление в продуктах нежелательных привкусов и запахов, позволяют управлять процессом формирования их органолептических свойств. В свою очередь, органолептические свойства определяют вкусовые качества продукции, влияют на выбор и спрос потребителей. Они имеют большое физиологическое значение, поскольку способствуют выделению пищеварительных соков, активизации процессов переваривания пищевых компонентов, обеспечивают хорошую усвояемость продуктов. По изменению органолептических свойств можно оценить качество продуктов — содержание посторонних веществ, применение недоброкачественного или фальсифицированного сырья, начинающуюся порчу.

Считается [31, 54, 55, 56], что осмофорические соединения даже в незначительных количествах формируют характерный запах продукта, восприятие которого обусловлено обонятельными ощущениями в результате раздражения рецепторов носа. В основе первичных процессов обоняния находится адсорбция осмофорических веществ на хеморецепторной мембране. Активные центры мембраны способствуют образованию непрочных связей с молекулами или ионами осмофорических веществ. Механизм обоняния работает по комбинаторному принципу вследствие процессов распознавания и переработки запаха [57]. Сильные обонятельные ощущения вызывают соединения, содержащие группы $-\text{OH}$, $-\text{CHO}$, $-\text{COOR}$, $-\text{CN}$, $-\text{NR}_2$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CCl}$, $-\text{CBr}$, $-\text{Cl}$, $-\text{SR}$, $-\text{SH}$. Сила и характер запаха соединений с этими функциональными группами зависят от их строения и концентрации [58]. При увеличении числа пространственно расположенных функциональных групп интенсивность запаха ослабевает.

Предложено несколько классификаций запахов, которые можно распространить на молочную сыворотку. Наибольшее распространение получила система, определяющая семь основных (первичных) запахов: камфорный (гексахлорэтан), мускусный (мускус, ксилол), цветочный (фенилэтанол, α -амилпиридин, α -нонон), мятный (ментол), эфирный (бензилacetat, ацетон, хлороформ, диэтиловый эфир), едкий, острый (муравьиная кислота), гнилостный (бутилмеркаптан, сероводород) [4].

Запах, вкус и аромат молочной сыворотки и получаемых из нее продуктов обуславливают различные группы химических соединений, образующихся в результате превращений углеводов, аминокислот и липидов молока при технологической обработке и хранении [58, 59]. Групповой состав основных химических соединений молока и молочных продуктов, адаптированный к объекту монографии, приведен в табл. 1.30.

Таблица 1.30. Основные химические соединения, обуславливающие запах, вкус и аромат молочной сыворотки и получаемых из нее продуктов [31, 58, 59]

Класс соединений	Количество соединений	Основные представители
Кислоты	43	Муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, капроновая, каприловая, каприновая, лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, янтарная, яблочная, лимонная, молочная
Альдегиды	33	Формальдегид, ацетальдегид, пропионовый, масляный, изомасляный, валериановый, изовалериановый, капроновый, каприловый, кротоновый, бензойный, фенилуксусный, фурфурол, гептаналь, октаналь, нонаналь
Кетоны	28	Ацетон, винилпентилкетон, ацетонин, диацетил, бутанон-2, пентанон-2, гексанон-2, гептанон-2, октанон-2
Лактоны	28	Насыщенные и ненасыщенные δ - и γ -лактоны алифатических кислот
Эфиры	22	Эфиры этилового спирта, уксусной, масляной, капроновой, пировиноградной кислот
Спирты	16	Этиловый, пропиловый, изобутиловый, изопентилловый, бутанол-1
Сернистые соединения	14	Сероводород, метиональ, метилмеркаптан, меркаптоацетальдегид, диметилсульфид, диметилдисульфид, меркаптопропионовая кислота
Терпены	8	Гераниол, фес, инол, линалоол, метилинол

Следует обратить внимание, что карбонильные соединения оказывают значительное влияние на формирование запаха, поскольку многие из них характеризуются высокой пороговой концентрацией в молочной сыворотке. Низшие ненасыщенные альдегиды отличаются сильным неприятным запахом: ацетальдегид и формальдегид — резким, специфическим; изомасляный и изовалериановый — солодовым и кормовым. Увеличение количества атомов углерода в карбонильных соединениях снижает резкость запаха.

Для высших альдегидов (C_7 – C_{12}) при сильном разбавлении характерен жирный запах с фруктовым и цветочным оттенками, в больших концентрациях многие из них (гептаналь, октаналь, нонаналь) отличаются неприятным запахом и придают продуктам прогорклый, салитый привкус. Запах ненасыщенных альдегидов зависит от их строения и расположения двойных связей. Низшие алифатические кетоны и дикарбонильные соединения — резко пахнущие жидкости. В небольших концентрациях ацетон, диацетил, пентанон-2 и гексанон-2 характеризуются приятными запахами и являются важными компонентами аромата сырья и продуктов. Высшие кетоны (C_{11} – C_{15}) имеют сильные и приятные запахи, жирноароматические кетоны — грубые.

К важнейшим компонентам запаха молочной сыворотки среди карбоновых кислот относятся летучие жирные кислоты. Они могут придавать продуктам раздражающий, резкий, неприятный прогорклый, затхлый и вяжущий запахи. Именно поэтому в технологии получения напитков приходится «маскировать» запах молочной сыворотки.

Насыщенные и ненасыщенные δ - и γ -лактоны алифатических кислот в небольших концентрациях обуславливают приятный запах орехов, сливок, солода, карамели, персиков, малины. Этиловый спирт придает характерный алкогольный запах; пропиловый, изобутиловый, изопентилловый спирты — запах сивушных масел. Сложные эфиры низших спиртов и карбоновых кислот — приятно пахнущие жидкости с запахом различных фруктов и цветов. Сернистые соединения в больших концентрациях отличаются неприятным запахом: сероводород — запахом тухлых яиц, диметилсульфид — кормовым, метиональ и меркаптоацетальдегид — сырным или капустным.

Следует заметить, что подробных сведений о конкретных ароматических веществах, обуславливающих специфический вкус и запах молочной сыворотки, в настоящее время явно недостаточно. Вопрос ждет тщательной проработки. По имеющимся данным [60], это ком-

плекс разнородных по химической природе веществ, образующихся в результате биохимического воздействия на компоненты молока при производстве творога и сыра. В сыворотке, полученной методами прямого подкисления молока или при разделении обезжиренного молока полисахаридами, специфический сывороточный запах отсутствует.

При производстве творога и сыра наибольшие ферментативные превращения в молоке претерпевают казеин и жир. При этом образуется основная масса ароматических веществ, определяющих специфические вкус и запах молочной сыворотки: пептиды, свободные аминокислоты, альдегиды, кетоны, летучие жирные кислоты. При уменьшении содержания белков специфические вкус и запах ослабевают [60].

Вещества, участвующие в формировании вкуса и аромата молочной сыворотки, характеризуются различной летучестью, поэтому невозможно существенно улучшить ее органолептические показатели методами деаэрации, дезодорации или сгущением под вакуумом. Вместе с тем, непривычные для потребителей специфический вкус и запах молочной сыворотки сдерживают ее применение в производстве пищевых продуктов. Поэтому актуальны задачи идентификации осмофорических компонентов сыворотки и продуктов ее фракционирования, подбора веществ, образующих с ними композиции с улучшенными органолептическими свойствами, либо маскирующих неприятные сывороточные тона.

Сложности анализа осмофорических соединений пищевых продуктов вообще и молочной сыворотки в частности связаны с их разнообразием, незначительным содержанием, лабильностью и высокой летучестью [58]. Обнаружение и идентификация осмофорических компонентов в молочной сыворотке является достаточно сложным процессом, непосредственно связанным с пределом обнаружения и селективностью современных методов анализа [61]. Для определения летучих и нелетучих компонентов молочной сыворотки, как и вообще пищевых продуктов, широкое распространение получили хроматографические методы вследствие универсальности, низких пределов обнаружения, экспрессности. Для идентификации компонентов запаха применяются комбинированные методы: газовая хроматография — масс-спектрометрия; высокоэффективная жидкостная хроматография — масс-спектрометрия; жидкостная хроматография — инфракрасная спектроскопия; жидкостная хроматография — ядерный магнитный резонанс. В последние десятилетия в анализе ароматов пищевых продуктов возрастающее применение находят сенсоры на основе различных преобразователей. Разработаны различные сенсоры — масс-чувствительные, электрохимические, термические, оптические, потенциометрические, кондуктометрические, амперометрические. Принцип действия таких устройств («электронный нос») [54] аналогичен работе обонятельной системы человека, состоящей из большого числа неспецифичных рецепторов и способной различать многие запахи. «Электронный нос» включает массив химических сенсоров с парциальной специфичностью и связанную с ним обработку данных (сигналы сенсоров), способную распознавать простые и сложные запахи. Сенсорные системы характеризуются низкими пределами обнаружения, воспроизводимостью и надежностью результатов, компактностью, удобны в эксплуатации. Их применение позволяет получать точные качественные и количественные характеристики анализируемых многокомпонентных сред.

Для идентификации осмофорических веществ, предложен высокочувствительный сенсор — пьезокварцевый резонатор АТ-среза с частотой 9 МГц, поверхность Au-электрода модифицируют трехслойным покрытием из нейлона, углерода и липидов. Резонатор располагают в проточной термостатируемой ячейке, включенной в проточную систему.

Для анализа жидкой фазы пищевых продуктов по аналогии с «электронным носом» применяют другую сенсорную систему — «электронный язык». Такое устройство вместе со средствами обработки сигнала способно различать и классифицировать химические «образы» сложных растворов и определять концентрации отдельных компонентов. В мультисенсорном анализе для обработки результатов, полученных от массива сенсоров, применяются методы, основанные на современных достижениях в изучении искусственного интеллекта, в частнос-

ти методы распознавания веществ по характерным визуальным отображениям («образам»), специфичным для смеси паров.

Одним из наиболее перспективных представляется метод искусственных нейронных сетей [62, 63, 64] — непараметрический метод распознавания «образов», основанный на компьютерной имитации взаимодействующих нейронов человека. Искусственные нейронные сети способны обрабатывать массивы нелинейных данных, учитывать влияние шумов и временных дрейфов, они характеризуются лучшей прогнозирующей способностью, чем хеометрические методы и служат основой для создания систем оценки качества пищевых ароматов.

Для определения осмофорических соединений в молочной сыворотке, на примере творожной, в ВГТА школой проф. Я. И. Коренман [54, 55, 56, 61, 65] разработана специальная методика [31]. Видимо, данная методика может быть адаптирована на другие виды молочной сыворотки. Особый интерес, по нашему мнению, данный метод представляет для подсырной сыворотки.

1.5.2. Идентификация и определение осмофорических компонентов творожной сыворотки

По мнению Е. И. Мельниковой [31], применение творожной сыворотки как основы для создания функциональных продуктов питания сдерживается ее негативными органолептическими свойствами (специфический вкус и запах), обусловленными комплексом различных по химической природе веществ. Они образуются, главным образом, в результате действия ферментов на компоненты молока при производстве творога. Такое предположение подтверждается отсутствием специфического запаха сыворотки, полученной прямым подкислением молока. В этой связи исследования в области химии вкуса и запаха молочной сыворотки вообще и творожной, в частности, имеют определенное практическое значение в разрешении проблемы нивелирования ее специфических органолептических свойств, снятии ограничений по применению сыворотки, а также обеспечению качественных показателей пищевых продуктов на ее основе, гарантирующих безопасность.

Для решения этой проблемы в работе Е. И. Мельниковой [31] применены газохроматографический и сенсорометрический (впервые применительно к данному объекту исследований) методы. Одна из важнейших задач исследования заключалась в разработке нового способа оценки качества творожной сыворотки и продуктов на ее основе, который включал следующие этапы:

1. Идентификация основных осмофорических компонентов сыворотки.
2. Моносенсорный анализ (определение) индивидуальных осмофорических компонентов сыворотки (подбор модификаторов для формирования мультисенсорной системы, оптимизация условий сорбции).
3. Мультисенсорный анализ (определение) осмофорических компонентов и их смесей, построение и обсчет площадей «визуальных образов».
4. Применение искусственных нейронных сетей для оценки качества творожной сыворотки и продуктов на ее основе.

Идентификация летучих компонентов газохроматографическим методом. В газовой фазе творожной сыворотки газохроматографически идентифицированы масляная, мирисстиновая, миристолевая, пальмитиновая, стеариновая и олеиновая кислоты, а также ацетон, метилэтилкетон, этанол, бутанол-1, бутанол-2, ацетальдегид, этилацетат (рис. 1.20).

Для количественного определения идентифицированных соединений применяли метод внутренней нормализации (таблица 1.31).

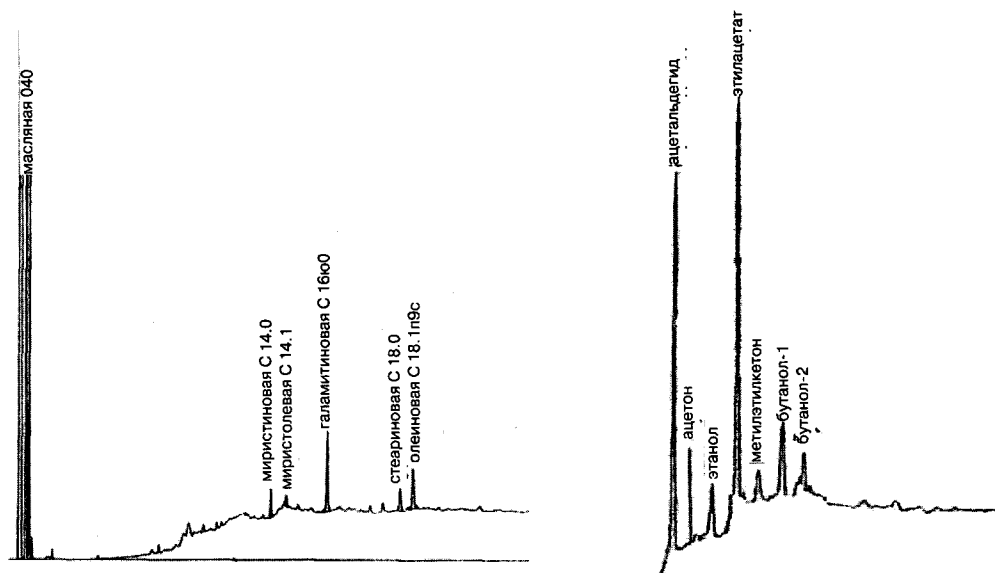


Рис. 1.19. Хроматограмма летучих компонентов творожной сыворотки

Таблица 1.31. Определение осмофорических компонентов творожной сыворотки

Осмофорический компонент	Продолжительность удерживания, мин—с	Площадь пика на хроматограмме, мВ·с	Сигнал детектора, мВ	Концентрация, % мас.
Кислоты:				
масляная	3–31	1063,0	989,9	60,5
миристиновая	12–12	78,7	36,3	4,5
миристолевая	12–45	37,5	14,6	2,1
пальмитиновая	14–13	270,1	97,1	15,4
стеариновая	16–51	101,1	27,8	5,8
олеиновая	17–18	206,1	51,4	11,7
Сумма		1756,5	1217,1	100
Другие вещества:				
ацетальдегид	0–42	632,9	355,6	32,1
ацетон	0–54	150,7	84,7	7,6
метилэтилкетон	1–38	75,6	33,3	3,8
этанол	1–05	90,4	50,8	4,6
бутанол-1	2–05	201,9	67,8	10,2
бутанол-2	2–16	117,8	39,5	6,0
этилацетат	1–29	703,4	395,2	35,7
Сумма		1972,8	1026,9	100

Для изучения органолептических характеристик творожной сыворотки и ее модифицированных форм в работе Е. И. Мельниковой применен сенсорометрический метод. Форма

«визуальных образов» индивидуальна для каждого соединения или группы родственных веществ (бутанол-1 и бутанол-2 или ацетон и метилэтилкетон), определяется чувствительностью единичных сенсоров мультисенсорной системы по отношению к осмофорическим веществам, не зависит от концентрации индивидуального компонента.

Форма «визуального образа» индивидуального осмофорического компонента позволяет делать вывод о вкладе того или иного соединения в формирование аромата творожной сыворотки и продуктов на ее основе и обосновать выбор рецептурных ингредиентов, маскирующих специфические тона сыворотки. Анализ визуальных образов показал, что ароматические свойства продуктов на основе творожной сыворотки могут быть спроектированы на этапе составления композиций с учетом массовой доли каждого рецептурного компонента. Мультисенсорный анализ многокомпонентных смесей осмофорических соединений творожной сыворотки (рис. 1.21) позволил установить, что «визуальные образы» газовой фазы творожной сыворотки и ультрафильтрата идентичны по форме, что подтверждает единую природу запаха, но различаются по площади (3450 усл. ед. и 1866 усл. ед. соответственно), следовательно, по интенсивности аромата. Концентрация осмофорических веществ в сыворотке выше, чем в ультрафильтрате.

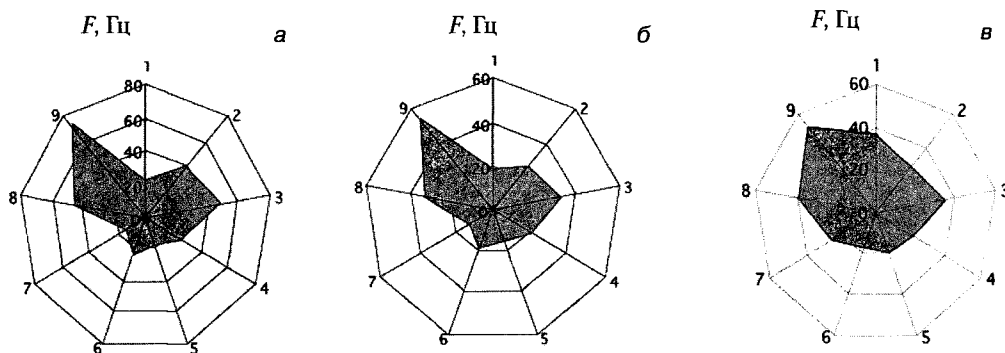


Рис. 1.21. «Визуальные образы» аромата сыворотки (а), ультрафильтрата (б) и молочно-растительного экстракта (в)

Пьезокварцевый резонатор, модифицированный раствором β -аланина, наиболее чувствительный по отношению к масляной кислоте и ацетальдегиду, характеризуется максимальным откликом. Поэтому можно заключить, что именно эти вещества вносят наиболее существенный вклад в формирование специфического сывороточного запаха, что коррелирует с результатами газохроматографического анализа.

«Визуальный образ» аромата молочно-растительного экстракта резко отличается по форме от «визуальных образов» ароматов сыворотки и ультрафильтрата, что объясняется присутствием осмофорических компонентов, в данном случае, стевии — β -кариофиллена, спатуленола, кофейной и хлорогеновой кислот, а также способностью дитерпеновых гликозидов модифицировать и усиливать запахи. Осмофорические компоненты листьев стевии ослабляют, маскируют и модифицируют специфический сывороточный запах, аромат экстракта более насыщен по сравнению с ультрафильтратом сыворотки (площадь «визуального образа» S увеличивается до 2848 усл.ед.).

1.5.3. Оценка качества творожной сыворотки и ее модифицированных форм с применением мультисенсорной системы

Для прогнозирования показателей качества творожной сыворотки и продуктов на ее основе Е. И. Мельниковой [31] разработан способ, основанный на определении условной концентрации осмофорических веществ многокомпонентной смеси путем вычисления площади ее «визуального образа» в процессе хранения. Впервые для оценки качества творожной сыворотки и ее модифицированных форм применена мультисенсорная система, состоящая из 9 массметрических пьезосенсоров, электроды которых модифицированы пленками сорбентов. Для расчета площади «визуального образа» применяли специально разработанное программное обеспечение «Анализ потока данных».

Творожную сыворотку и ее модифицированные формы хранили при температуре $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$. Через 12 ч проводили мультисенсорный анализ многокомпонентной парогазовой смеси, строили «визуальный образ» аромата каждого продукта — лепестковую диаграмму с осями ΔF (аналитический сигнал пьезосенсоров матрицы) и рассчитывали их площади. Каждая ось лепестковой диаграммы соответствует одному из 9 каналов мультисенсорной системы (рис. 1.22).

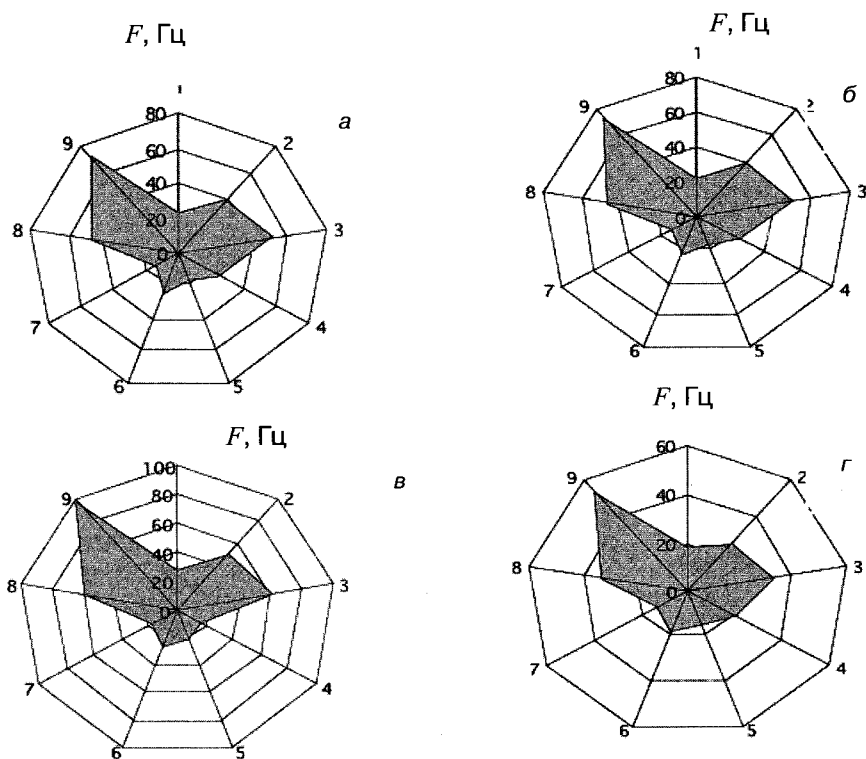


Рис. 1.22. «Визуальный образ» аромата творожной сыворотки через 2 ч после выработки (а) и через 3 суток хранения при $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$ (б); ультрафильтрата творожной сыворотки через 2 ч после выработки (в) и через 6 суток (г); ΔF — выходной параметр образца

Содержание осмофорических веществ при хранении продуктов повышается, их количественные соотношения изменяются, что существенно влияет на площадь «визуальных образов» (S , усл. ед., рис. 1.23).

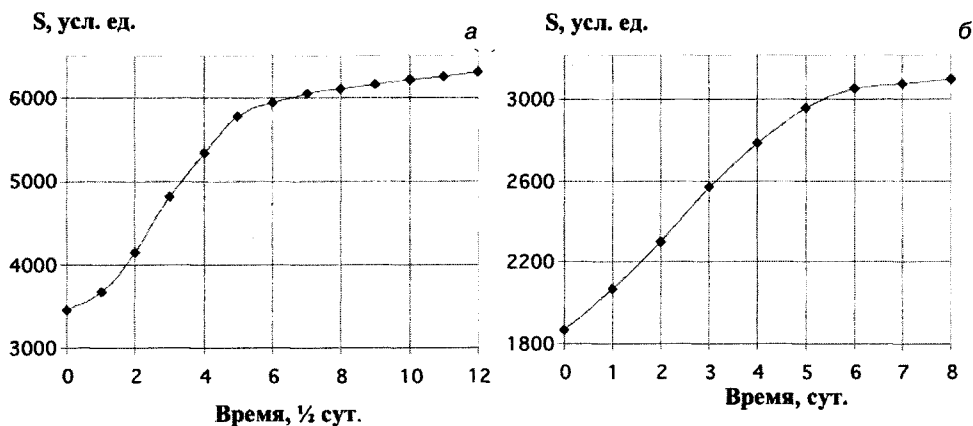


Рис. 1.23. Динамика изменения площади «визуального образа» аромата сыворотки (а) и ультрафильтрата (б)

Для анализируемых продуктов характерно резкое возрастание площади «визуального образа» аромата на 3-и сутки хранения для сыворотки и на 6-е — для ультрафильтрата. Площадь «визуальных образов» ароматов анализируемых продуктов при хранении увеличивается следующим образом: для творожной сыворотки — в 1,8 раза в течение 72 ч (3450–6100 усл.ед.), для ультрафильтрата — в 1,7 раза в течение 6 сут. (1866–3200 усл.ед.).

Одновременно с проведением мультисенсорного анализа динамику изменения качества творожной сыворотки и ее модифицированных форм оценивали традиционными методами, применяемыми в молочной промышленности (титриметрическим, потенциометрическим и микробиологическим). Результаты сенсорометрического анализа многокомпонентной смеси осмофорических соединений анализируемых продуктов коррелируют с данными стандартных показателей качества (табл. 1.32).

Таблица 1.32. Качественный и количественный состав микрофлоры творожной сыворотки и ультрафильтрата

КМАФАнМ, КОЕ/г	Значение	
	Творожная сыворотка	Ультрафильтрат
Исходное количество микроорганизмов	$1,00 \cdot 10^4$	$5,00 \cdot 10^1$
После хранения, сутки:		
1	$1,00 \cdot 10^4$	$7,00 \cdot 10^1$
2	$4,00 \cdot 10^4$	$9,80 \cdot 10^1$
3	$1,00 \cdot 10^5$	$2,00 \cdot 10^2$
4	$12,08 \cdot 10^5$	$3,30 \cdot 10^2$
5	—	$4,15 \cdot 10^2$
6	—	$6,20 \cdot 10^2$
7	—	$1,00 \cdot 10^3$
Не обнаружены после хранения в течение		
Дрожжи и плесени	4 суток	7 суток

Установлены пороговые значения площадей, позволяющие прогнозировать качество продуктов и их хранимость: для творожной сыворотки $S = 6100$ усл.ед. и ультрафильтрата $S = 3200$ усл.ед.

1.5.4. Прогнозирование показателей качества творожной сыворотки с применением мультисенсорной системы и искусственных нейронных сетей

Для прогнозирования показателей качества творожной сыворотки Е. И. Мельниковой [31] применена мультисенсорная система в сочетании с компьютерной обработкой сигналов сенсоров методом искусственных нейронных сетей (ИНС). Результаты тестирования нейронной сети (табл. 1.33) подтверждают, что прогнозирование качества сыворотки практически безошибочно, относительная погрешность не превышает 3,7 %.

Таблица 1.33. Оценка показателей качества творожной сыворотки

Номер пробы сыворотки	Показатель		Относительная погрешность, %
	традиционным методом	предлагаемым методом	
Титруемая кислотность, °Т			
1	85	83,74	1,5
2	91	90,19	0,9
3	57	58,75	3,1
Показатель преломления			
1	1,3430	1,3430	0
2	1,3429	1,3428	0,007
3	1,3400	1,3412	0,090
Общая микробиологическая обсемененность, КМАФАпМ, КОЕ/г·10 ⁴			
1	19,8	20,11	1,6
2	97,9	96,43	1,5
3	3,26	3,14	3,7
Активная кислотность, pH			
1	4,2	4,12	1,9
2	3,1	3,20	3,2
3	4,6	4,47	2,8

В результате проведенных исследований Е. И. Мельникова делает совершенно обоснованный вывод, что примененный подход позволяет оценить органолептические характеристики и стандартные показатели качества творожной сыворотки, а так же продуктов на ее основе; выполнить экспресс-анализ на этапах приемки и хранения сырья; заменить рутинные методы, действующие на предприятиях отрасли. Безусловно, этот подход возможно реализовать на любой вид молочной сыворотки, процессы их обработки, продукты (особенно напитки) и вероятно другие виды пищевого сырья.

1.6. Биотермодинамические параметры молочной сыворотки

Проф. П. А. Лисин и проф. Н. Б. Гаврилова [66] в системном виде изложили сформированные в ОмГАУ воззрения [67] по биотермодинамической характеристике молочного сырья, получаемых продуктов, в т. ч. молочной сыворотки. С любезного согласия и даже просьбы авторов ниже приводится изложение их публикации по новому взгляду, равному, по меньшей мере осмотории, на оценку объекта монографии. Кажется, этот показатель для молока и молочных продуктов, в т. ч. молочной сыворотки, получит свое развитие и дополнит наши представления с совершенно оригинальной стороны их БТС. В основе исследований — величина и интерпретация поверхностного натяжения. По опубликованным данным [68, 69] величина поверхностного натяжения составляет (мДж/м²): молочной сыворотки — 45,6; бесказеиновой фазы — 48,2 мДж/м²; обезжиренного молока — 53,60 (для сведения — поверхностное натяжение воды составляет 70,0 мДж/м²).

Термодинамика поверхностных явлений была поставлена и развита лауреатом Нобелевской премии Джозайя Уиллард Гиббсом [70]. Он принимал поверхностный слой за новую «поверхностную фазу», отличную от объемных фаз тем, что ее толщина чрезвычайно мала по сравнению с протяженностью в двух других измерениях, и поэтому рассматривал поверхностный слой, как геометрическую разделяющую поверхность, применяя к ней общие термодинамические уравнения.

Для описания термодинамики поверхностного натяжения сыворотки применялся метод избыточных величин Гиббса. Практически вся поверхностная энергия сосредоточена в поверхностном слое толщиной в несколько молекул. В соответствии с термодинамическим соотношением энтальпии поверхности (H) выражается уравнением:

$$H = G + T \cdot S, \quad (1.10)$$

где G — энергия поверхности; T — термодинамическая температура; S — энтропия.

Внутренняя энергия поверхности складывается из энергии Гиббса — σ и теплоты образования поверхности — q . Для индивидуальных веществ теплота q всегда положительна, так как при образовании поверхности теплота поглощается. В результате внутренняя удельная поверхностная энергия (единицы поверхности) больше поверхностной энергии Гиббса на теплоту образования единицы поверхности. Поэтому ее обычно называют полной поверхностной энергией — U_s . При постоянстве параметров определяющих процесс, кроме температуры, изменение полной поверхностной энергии определяется уравнением Гиббса — Гельмгольца:

$$U_s = \sigma - T \left(\frac{\partial \sigma}{\partial T} \right)_p \cdot 100, \quad (1.11)$$

Уравнение (1.11) связывает полную поверхностную энергию — U_s с энергией Гиббса (поверхностная энергия σ) и энтропийным множителем. Из этого уравнения следует, что для определения полной поверхностной энергии необходимо знать зависимость поверхностного натяжения от температуры. Данную зависимость можно получить только экспериментально. Для большинства жидкостей эта зависимость линейная и аппроксимируется соотношением:

$$\sigma_T = \sigma_0 - \alpha \cdot \Delta T, \quad (1.12)$$

где: σ_T , σ_0 — поверхностная энергия соответственно при температуре T и при стандартной температуре;

ΔT — разность между данной и стандартной температурами;

α — постоянная, равная температурному коэффициенту поверхностного натяжения с обратным знаком, мДж/(м²·К).

Зная температурный коэффициент (α) поверхностного натяжения, можно рассчитать внутреннюю энергию межфазной поверхности. Так как поверхностное натяжение снижается с повышением температуры, а полная энергия от нее не зависит, то в соответствии с уравнением Гиббса–Гельмгольца энтропийная составляющая единицы поверхности увеличивается в этом же направлении.

Поверхностная энергия различных видов молочной сыворотки имеет близкие значения (порядка 50 мДж/м²). Это можно объяснить тем, что их поверхности имеют одинаковую природу. Для обеспечения минимальной поверхностной энергии молекулы на поверхности ориентируются таким образом, что радикалы находятся на поверхности, а функциональные группы — внутри жидкой фазы. Ориентирование поверхностных молекул снижает энтропийную составляющую внутренней энергии поверхностного слоя, что объясняется упорядоченностью молекул на поверхности раздела фаз. Таким образом, структура поверхностного слоя молочных продуктов, в том числе и молочной сыворотки, формируется в результате самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии.

Экспериментальные исследования проводились с подсырной и творожной сывороткой (натуральной и осветленной) концентрацией от 6,5 до 40%, а также с ультрафильтратом подсырной сыворотки с массовой долей сухих веществ 5,0–11,0% в интервале температур от 20 до 70 °С. Для определения поверхностного натяжения молока и молочных продуктов авторами усовершенствован прибор акад. П. А. Ребиндера, работающий по принципу максимального давления в капилляре.

Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение температуры молочной сыворотки и ультрафильтрата до 70 °С оказывает более существенное влияние на поверхностное натяжение, чем увеличение концентрации сухих веществ, соответственно молочной сыворотки до 40% и ультрафильтрата до 11% [68]. Исследования с подсырной сывороткой кислотностью 17 °Т и 54 °Т показали линейную зависимость изменения поверхностного натяжения от температуры продукта (рис. 1.24).

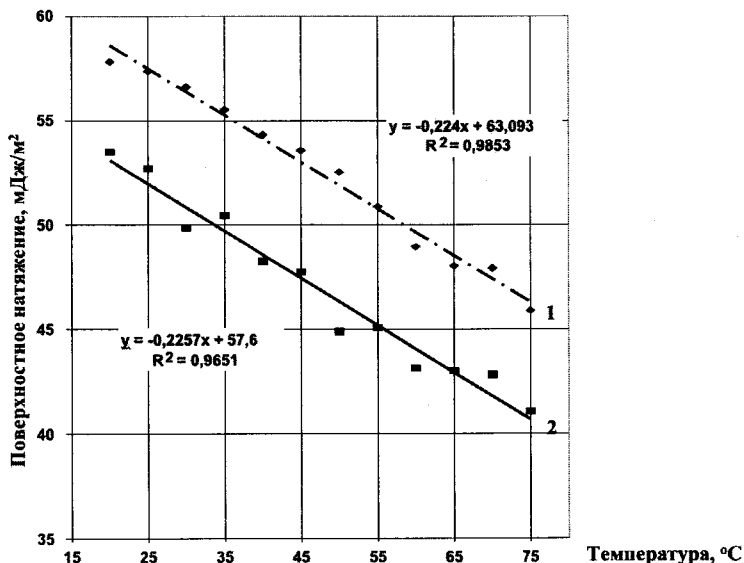


Рис. 1.24.

Изменение поверхностного натяжения подсырной сыворотки: 1 — при кислотности 17 °Т; 2 — при кислотности 54 °Т

Скорость снижения поверхностной энергии подсырной сыворотки с разной кислотностью практически одинакова и равна температурному коэффициенту — $0,224 \text{ мДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Поверхностное натяжение подсырной сыворотки с увеличением кислотности с 17 до 54°Т уменьшается с 52 до $45 \text{ мДж}/\text{м}^2$, что можно объяснить уменьшением содержания лактозы в продукте, которая является поверхностно-инактивным компонентом. Для сравнительной оценки в табл. 1.34 приведены температурные коэффициенты молочной сыворотки и некоторых молочных продуктов.

Таблица 1.34. Температурные коэффициенты поверхностного натяжения молочной сыворотки

Продукты	Температурный коэффициент, $\text{мДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Сыворотка творожная	0,416
Сыворотка творожная, сухих веществ 40 %	0,192
Сыворотка творожная, натуральная	0,162
Сыворотка подсырная, сухих веществ 40 %	0,229
Сыворотка подсырная натуральная	0,191
Сыворотка подсырная, кислотность 54°Т	0,226
Сыворотка подсырная, кислотность 17°Т	0,224
Ультрафильтрат подсырной сыворотки	0,133
Ультрафильтрат подсырной сыворотки, сухих веществ 11 %	0,126
Молоко пастеризованное, Ж = 3,2 %	0,301
Молоко обезжиренное	0,260
Сливки, Ж = 10 %	0,129

В табл. 1.35 приведены биотермодинамические параметры молочной сыворотки и некоторых молочных продуктов.

Таблица 1.35. Сравнительные биотермодинамические параметры поверхностного слоя молочной сыворотки при температуре 293 К

Продукты	Полная энергия U_s , $\text{мДж}/\text{м}$	Поверхностная энергия σ , $\text{мДж}/\text{м}^2$	Энтропийный множитель $T \cdot S$, $\text{мДж}/\text{м}^2$
Сыворотка творожная	179,54	57,65	121,88
Сыворотка творожная, сухих веществ 40 %	102,65	46,4	56,25
Сыворотка подсырная, сухих веществ 40 %	117,09	50	67,09
Сыворотка подсырная натуральная	103,06	47,1	55,96
Сыворотка подсырная, кислотность 54°Т	118,84	53,5	65,34
Сыворотка подсырная, кислотность 17°Т	126,08	57,82	68,27
Ультрафильтрат подсырной сыворотки	95,66	56,7	38,96
Ультрафильтрат подсырной сыворотки, сухих веществ 11 %	90,18	53,2	36,91
Молоко пастеризованное, Ж = 3,2 %	141,41	53,1	88,31
Молоко обезжиренное	133,30	57,12	76,18
Сливки, Ж = 10 %	84,19	46,4	37,79

Наибольшая величина полной поверхностной энергии наблюдается у творожной сыворотки, которая составляет 179,54 мДж/м², минимальная в ультрафильтрате подсырной сыворотки с концентрацией сухих веществ 11 % — 90,18 мДж/м², энтропийный множитель — 36,91 мДж/м². Полученные биотермодинамические параметры характеризуют состояние продукта и могут быть использованы как в оценке биоэнергетической ценности, так и хранимостпособности сыворотки.

В табл. 1.36 приведены расчетные значения относительного термодинамического индекса устойчивости молочной сыворотки в сравнении с эталоном (сливки).

Таблица 1.36. Биотермодинамический индекс термостабильности молочной сыворотки (температура 293 К)

Продукт	Параметры				BIOS
	$\frac{\partial \sigma}{\partial T}$ мДж/(м ² ·К)	U_s , мДж/м ²	σ , мДж/м ²	$T \cdot S$, мДж/м ²	$\frac{U_{\text{сливки}}}{U_{\text{продукта}}}$
Сливки, Ж = 20 %	0,106	75,86	44,80	31,06	1,000
Сыворотка творожная, сухих веществ 40 %	0,192	102,65	46,40	56,25	0,739
Сыворотка подсырная натуральная	0,229	103,06	47,10	55,96	0,734
Сыворотка подсырная, сухих веществ 40 %	0,162	117,09	50,00	67,09	0,648
Сыворотка подсырная, К = 54 °Т	0,225	118,84	53,50	65,34	0,638
Сыворотка подсырная, К = 17 °Т	0,224	126,08	57,82	68,27	0,602
Сыворотка творожная	0,416	179,54	57,65	121,88	0,422
Ультрафильтрат подсырной сыворотки, сухих веществ 11 %	0,126	90,18	53,20	36,91	0,841
Ультрафильтрат подсырной сыворотки	0,133	95,66	56,70	38,96	0,793
Питьевая вода	0,154	118,90	72,75	46,15	—

Относительный биотермодинамический индекс термостабильности (BIOS) характеризует уровень (степень) температурного воздействия на продукт по сравнению с температурным воздействием на жидкость, принятую за эталон сравнения (в данном случае сливки Ж = 20 %, полная поверхностная энергия которых равна $U_s = 75,86$ мДж/м²). Индекс термостабильности можно сравнить с критерием самопроизвольности процесса Гиббса. Чем ближе индекс термостабильности к единице, тем биосистема ближе к равновесному состоянию и максимальному значению энтропийной составляющей продукта.

В целом термодинамическое равновесное состояние характеризует деградацию биосистемы — отсутствие активной жизнедеятельности микроорганизмов, снижение скорости биохимических реакций и как следствие, при определенном уровне энергетического потенциала, снижение качественных показателей продукта — молочной сыворотки.

1.7. Микробный пул молочной сыворотки

Микрофлора молочной сыворотки всех видов достаточно разнообразна, что может вызывать порчу сырья и продукции. Методология микробиологических исследований молочной сыворотки аналогична молоку и в достаточной мере проработана в нашей стране Н. С. Королевой, Л. А. Банниковой, В. Ф. Семенихиной, А. В. Гудковым, Г. Д. Перфильевым, М. Б. Захаровой, Г. М. Свириденко и др. [71, 72, 73]. Специальные исследования по микробному синтезу на молочной сыворотке, с подробной характеристикой исходного объекта, были поставлены М. В. и Л. С. Залашко [74]. В то же время следует отметить, что состав микрофлоры разных видов молочной сыворотки и получаемых из нее продуктов изучен пока недостаточно.

На кафедре прикладной биотехнологии СевКавГТУ аспирантом О. В. Кузнецовой под руководством проф. С. А. Рябцевой была проведена работа по изучению количественного и качественного состава микрофлоры творожной и подсырной сывороток и получаемых из них продуктов [75]. Исследования по микробиологии производных компонентов молочной сыворотки на примере лактулозы были проведены аспиранткой Ю. Г. Гетман, также под руководством проф. С. А. Рябцевой [76]. При этом был разработан и реализован логистический план-схема микробиологического мониторинга вторичного молочного сырья (ВМС), который в интерпретированном виде для молочной сыворотки (МС) приведен на рис. 1.25.

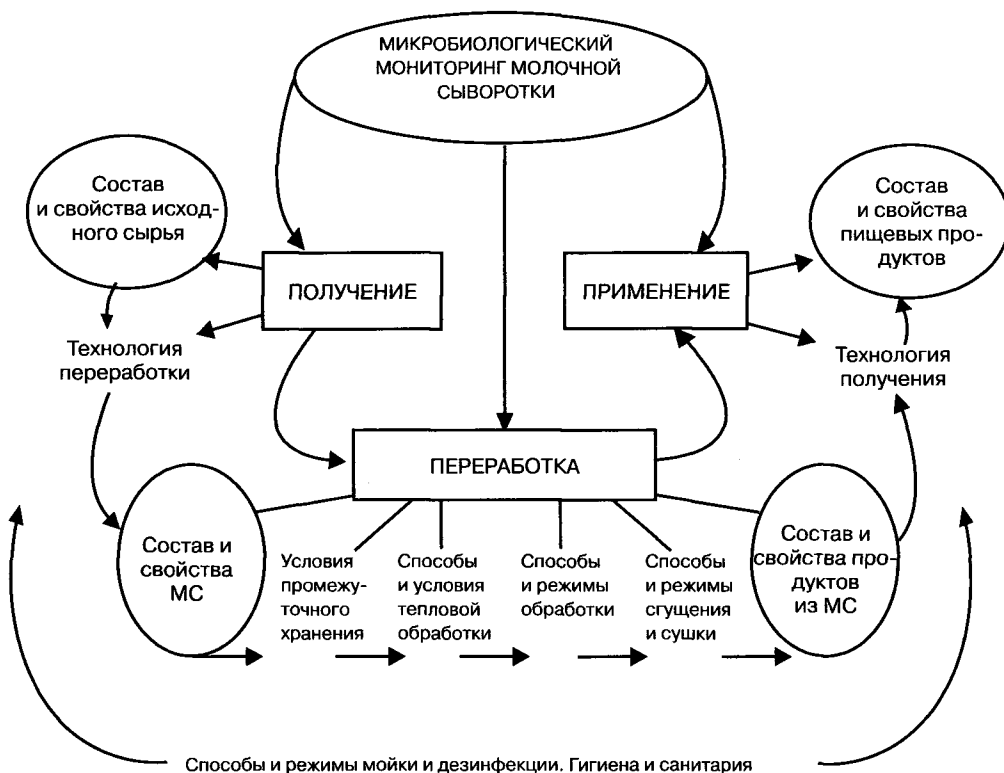


Рис. 1.25. Схема организации микробиологического мониторинга молочной сыворотки

В принципе микробный пул молочной сыворотки любого вида прогнозируем и состоит из остаточной микрофлоры исходного сырья, как правило, после тепловой обработки (пастеризации), вносимых чистых культур заквасочной микрофлоры и микробного пула окружающей среды по всему жизненному циклу сырья, полуфабрикатов и готового продукта.

Источником первичного обсеменения молочной сыворотки микрофлорой является исходное молоко, которое на своем пути от момента зарождения в вымени до потребителя приходит в тесное соприкосновение с целым рядом источников заражения, и чем больше этих источников, тем обильнее и разнообразнее будет первичная микрофлора молока. Эти источники являются неравноценными как по количеству, так и по видовому составу вносимых ими микроорганизмов. Обсеменение молока происходит как на этапе получения, так и в процессе хранения и транспортировки до начала переработки, и зависит от ряда факторов: здоровья животных, санитарного состояния ферм, в том числе плохо вымытого оборудования. При этом микробами, загрязняющими молоко, являются психротрофные микроорганизмы, БГКП, стафилококки, микрококки и коринебактерии, энтерококки, молочнокислые стрептококки, молочнокислые палочки, спорообразующие бактерии. Посторонняя микрофлора может попадать в сырье и из воздуха. В основном воздух является источником обсеменения молока микрококками и спорообразующими бактериями [74, 77, 78, 79]. Тепловая обработка молока-сырья, применяемая практически повсеместно, инактивируя основную массу микроорганизмов, оставляет в нем все их лизаты и т. н. остаточную микрофлору. Вся остаточная микрофлора исходного молока-сырья теоретически может быть представлена в молочной сыворотке.

Вносимые с заквасками чистые культуры микроорганизмов, специфичных для ассортимента белково-жировых продуктов (в основном бактерии, возможно плесени, дрожжи), обеспечивая технологический процесс, в основной массе переходят в молочную сыворотку, «загрязняя» и «обогащая» ее.

Естественно, за исключением стерильного производства белково-жировых продуктов и обработки получаемой молочной сыворотки (пока это только мечта), она обсеменяется посторонней микрофлорой окружающей среды. Посторонняя микрофлора попадает в сыворотку с оборудования и в виде остаточной микрофлоры, оставшейся после пастеризации молока. Это бактерии группы кишечных палочек, молочнокислые и уксуснокислые бактерии, плесневые грибы, дрожжи, а также различные группы споровых микроорганизмов. Среди посторонней микрофлоры творожной сыворотки особую роль играют термоустойчивые молочнокислые палочки, вызывающие порок излишняя кислотность. Развитие бактериофага, повышение температуры технологического процесса и увеличение его продолжительности (процесса сквашивания), а также недостаточно эффективное и быстрое охлаждение, ведет к активному размножению термоустойчивой молочнокислой палочки.

Молочная сыворотка является хорошей питательной средой для развития микроорганизмов, происхождение которых связано как с остаточной термостойкой и термофильной микрофлорой пастеризованного молока, так и с микрофлорой заквасок, используемых при производстве продуктов. К тому же температура и осмоляльность молочной сыворотки идеализированы технологическим регламентом производства белково-жировых продуктов.

По данным М. В. Залашко, среди микрофлоры, остающейся после пастеризации молока и встречающейся в молочной сыворотке, имеются представители как споровой, так и неспоровой групп микроорганизмов. Кроме того, присутствуют виды, не использующие лактозу в качестве источника углеводного питания и энергии. Виды микроорганизмов, характерных для пастеризованного молока и переходящих в сыворотку представлены в табл. 1.37 [73, 74].

Таблица 1.37. Представители микрофлоры пастеризованного молока, встречающиеся в молочной сыворотке

Род микроорганизмов	Видовые эпитеты
<i>Micrococcus</i>	<i>albus, candidus, casecoliticus, conglomerates, epidermis, flavus, liquefaciens, freidenreichii, luteus, varians, viscosus</i>
<i>Sarcina</i>	<i>lutea</i>
<i>Microbacterium</i>	<i>flavum, lacticum, liquefaciens, mesentericum</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>bovis, durans, faecalis, faecium, glycerinaceus, inulinaceus, lactis, liquefaciens, thermophilus, zymogenes</i>
<i>Bacillus</i>	<i>butilicus, calidolactis, cereus, circulans, cereus var. micoides, laterosporus, megatharium, mesentericus, polymixa, pumilis, patrificans, subtilis, thermoliquefaciens</i>
<i>Clostridium</i>	<i>botulinum, butricum, sporogenes</i>
<i>Escherichia</i>	<i>coli var. communior, freundii, aerobacter</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>brevis, casei, thermophilus</i>

В летнем молоке (и в летней молочной сыворотке) термостойких бактерий значительно больше, чем в зимнем. Среди остаточной микрофлоры в сыворотке могут встречаться и психрофильные группы родов *Pseudomonas*, *Achromobacter* и *Flavobacterium*. При длительном хранении даже охлажденной сыворотки под воздействием психрофильных бактерий в ней могут развиваться пороки вкуса и запаха (нечистый, гниlostный, фруктовый, прогорклый и др.).

В ходе проведенных исследований было установлено, что на качественный и количественный состав микрофлоры подсырной и творожной сыворотки существенное влияние оказывают следующие факторы: способ получения (для творожной сыворотки), условия хранения и температурные режимы переработки. Кроме того, были выявлены специфические микроорганизмы, присущие жизненному циклу только молочной сыворотки.

Микрофлора подсырной сыворотки. Подавляющее большинство микроорганизмов, присутствующих в молоке или попадающих в подсырную сыворотку из материалов, применяемых при производстве сыра, при контакте молока и компонентов с производственной средой (оборудованием, атмосферой) и работающим персоналом, относятся к посторонней, нерегулируемой микрофлоре [78]. Она способна влиять на свойства микрофлоры подсырной сыворотки на различных этапах получения, переработки и хранения. В микрофлоре подсырной сыворотки могут обнаруживаться БГКП, лактозосбраживающие молочнокислые микроорганизмы, гетероферментативные молочнокислые бактерии, термоустойчивая микрофлора, заквасочные культуры микроорганизмов, дрожжи и плесневые грибы. Основная микрофлора подсырной сыворотки складывается из микрофлоры исходного молока, сычужного фермента и закваски [78].

Изучение состава и свойств микрофлоры подсырной сыворотки, полученной при производстве сыра Российский (производитель ОАО «Молочный комбинат «Ставропольский») в промышленных условиях [75] показало следующие результаты: БГКП не обнаружены в 1 см^3 ; КМАФАнМ — $(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^4 \text{ КОЕ/см}^3$; дрожжей — 100 200 КОЕ/см^3 ; плесеней — нет. Распределение микробного пула в подсырной сыворотке показано на рис. 1.26.

Микрофлора свежей подсырной сыворотки представлена молочнокислыми микроорганизмами, дрожжами и спорообразующими палочками, кроме того, в ней остается термоустойчивая микрофлора, как кокковой, так и палочковидной формы. Последняя является специфичной и остается на всех стадиях технологического процесса переработки молочной сыворотки. Полученные данные коррелируют с опубликованными ранее [80].

Исходя из данных по количественному содержанию микроорганизмов, следует, что необходима их инактивация (тепловая обработка, микрофилтрация) для достижения требо-

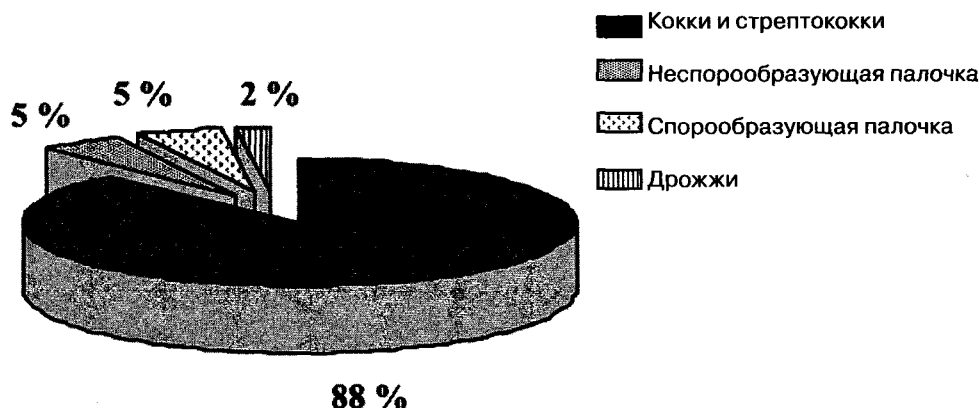


Рис. 1.26. Соотношение морфотипов микроорганизмов подсырной сыворотки

ваний, установленных СанПин 2.3.2. 1078–01 «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» и Федеральным законом № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» для молочной сыворотки [79, 81].

Для исключения повторного обсеменения сыря с оборудования необходимо особое внимание обратить на процесс мойки и дезинфекции. Так был определен состав остаточной микрофлоры после проведения обычного способа мойки оборудования. В составе остаточной микрофлоры помимо спорных форм остается термоустойчивая неспорообразующая микрофлора палочковидной формы, способная влиять на характеристику сгустка и кислотность основного продукта.

В целом микробный пул натуральной подсырной сыворотки достаточно объем и разнообразен, что следует учитывать при организации ее промышленной переработки и, особенно, в случае хранения (резервирования).

Микрофлора творожной сыворотки. Количественный состав микрофлоры творожной сыворотки, полученной на механизированной линии Я9-ОПТ-5 и традиционно из ванн, приведен [75] в табл. 1.38.

Таблица 1.38. Влияние способа получения творожной сыворотки на количественный состав микрофлоры

Способ получения творога	КМАФАнМ, КОЕ/см ³	Плесени, КОЕ/см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³
Традиционный способ в ваннах	$(4,5 \pm 2,5) \cdot 10^4$	$(2,0 \pm 1,0) \cdot 10^2$	$(6,0 \pm 1,0) \cdot 10^3$
На механизированной линии Я9-ОПТ-5	$(9,0 \pm 1,0) \cdot 10^6$	$(3,0 \pm 1,0) \cdot 10^2$	$(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$

Установлено, что микробиологическая обсеменность творожной сыворотки зависит от способа ее получения. Сыворотка, полученная при производстве творога на механизированной линии Я9-ОПТ-5, по обсеменности выше на два порядка, чем при производстве творога традиционным способом. На рис. 1.27 приведена характерная картина микрофлоры творожной сыворотки и диаграмма распределения морфотипов.

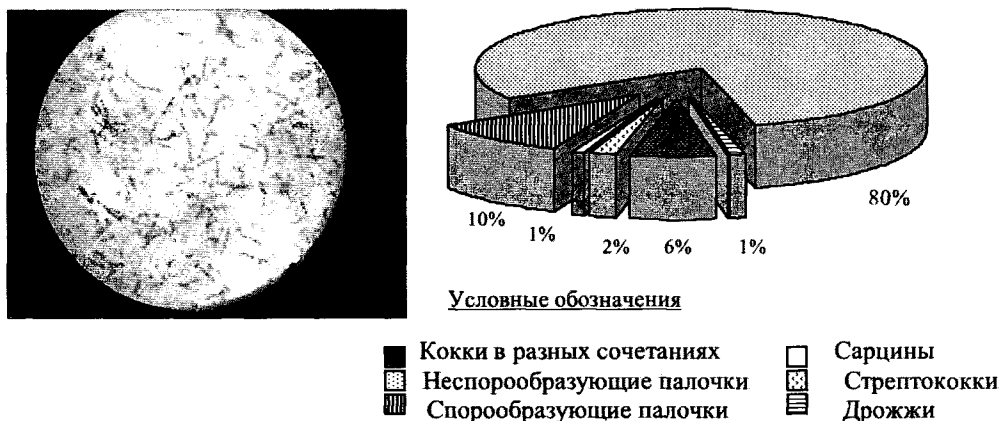


Рис. 1.27. Микрофлора и соотношение морфотипов микроорганизмов творожной сыворотки, полученной на механизированной линии Я9-ОПТ-5

Сезон выработки творога на количественный состав творожной сыворотки влияние не оказывает. На рис. 1.28 показано изменение КМАФАнМ (усредненные данные) в течение года в творожной сыворотке, отобранной из ванны и с механизированной линии Я9-ОПТ-5.

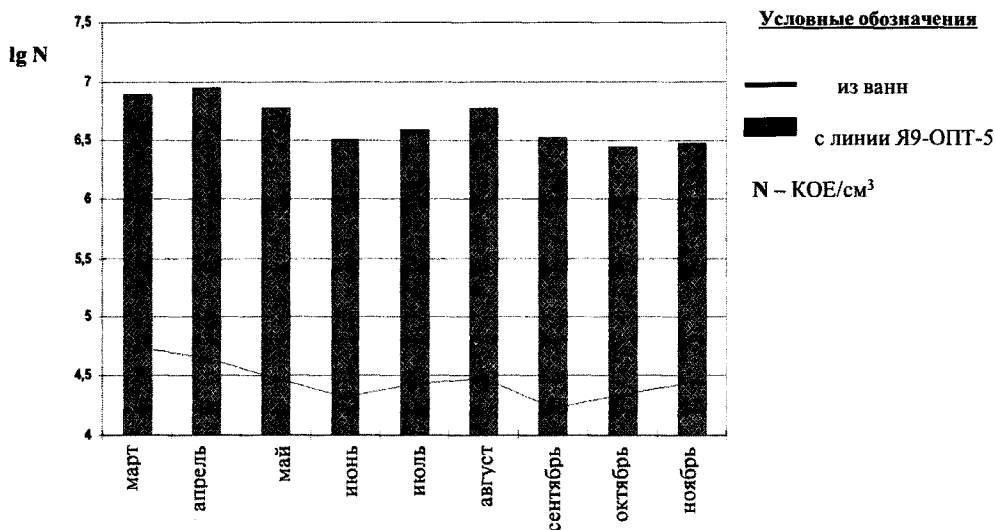


Рис. 1.28. Изменение КМАФАнМ в творожной сыворотке в течение года

Так, при производстве творога на механизированной линии Я9-ОПТ-5 содержание КМАФАнМ в свежей творожной сыворотке в зависимости от месяца выработки составляло $(1,4 \pm 10) \cdot 10^6$ КОЕ/см³, а при производстве в ваннах — $(1,5 \pm 7,5) \cdot 10^4$ КОЕ/см³, количество термофильной микрофлоры соответственно $(0,6 \pm 9,6) \cdot 10^5$ КОЕ/см³ и $(0,2 \pm 5,5) \cdot 10^3$ КОЕ/см³. Качественный состав микрофлоры свежей творожной сыворотки приведен в табл. 1.39.

Таблица 1.39. Состав микрофлоры творожной сыворотки в зависимости от температуры термостатирования

Температура термостатирования, °С	pH среды,	Титруемая кислотность, °Т	Характер сгустка	Характерная микрофлора
30	5,23 ± 0,07	92 ± 3	Ровный плотный сгусток	Кокки, диплококки, единичные короткие палочки (длиной 2,0–3,0 мкм, толщиной 0,7–0,8 мкм), тонкие палочки (длиной 3,0–5,0 мкм, толщиной 0,5–0,6 мкм)
37	4,62 ± 1,04	113 ± 4	Отделение сыворотки, творожистая консистенция сгустка	Большое количество крупных зернистых палочек (длиной 6,0–10,0 мкм, толщиной 0,7–0,9 мкм)
43	4,50 ± 0,16	200 ± 26	Отделение сыворотки, сгусток рваный	Большое количество зернистых палочек среднего размера (длиной 4,0–7,0 мкм, толщиной 0,7–0,8 мкм)

В составе микрофлоры творожной сыворотки присутствует мезофильная микрофлора заквасок в виде кокков, диплококков и палочковидной формы. Состав микрофлоры в сыворотке, полученной на механизированной линии Я9-ОПТ-5 и из ванн, также не одинаков. Если в сыворотке, полученной из ванн, обнаруживается лишь характерная заквасочная микрофлора (за исключением редких мелких палочек), то в сыворотке, отобранной из обезживателя линии Я9-ОПТ-5, обнаруживались термоустойчивые зернистые палочки. Это связано с тем, что в теплообменной системе (ТОС) сгусток отваривается и выдерживается при температуре 46–50 °С, а затем охлаждается до 36–40 °С. Рост же термоустойчивой палочки лежит в температурных пределах 45–50 °С. Следовательно, температурные режимы в ТОС являются благоприятными условиями для развития термоустойчивых палочек.

Термоустойчивые палочки, как и факультативно анаэробные споровые палочки, относятся к термофильным микроорганизмам и являются технически вредной микрофлорой, так как вызывают порок перекипания в готовых продуктах. Развитие посторонней технически вредной термоустойчивой микрофлоры на производстве стимулируется повышенными температурами технологического процесса, длительным временем обработки сгустка и недостаточно эффективным и быстрым охлаждением. На рис. 1.29 показана зависимость изменения титруемой кислотности творожной сыворотки от условий хранения.

Как показали результаты исследований, при хранении свежей творожной сыворотки в течение 24 ч в охлажденном виде (5–6 °С), титруемая кислотность нарастает незначительно (на 3–4 °Т), но такой режим хранения вызывает появление в сыворотке порока — горький вкус, за счет развития психрофильных микроорганизмов. При хранении свежей творожной сыворотки в течение 24 ч при 20–22 °С, титруемая кислотность уже за 4 ч хранения нарастает на 20–25 °Т, а через сутки составляет 140 + 160 °Т для творожной сыворотки, полученной из ванн, и 200+220 °Т для творожной сыворотки, полученной из механизированной линии Я9-ОПТ-5.

В процессе резервирования при низких температурах возможно развитие психрофильных микроорганизмов.

В табл. 1.40 приведена динамика изменения микробного пула творожной сыворотки в течение восьми суток [76].

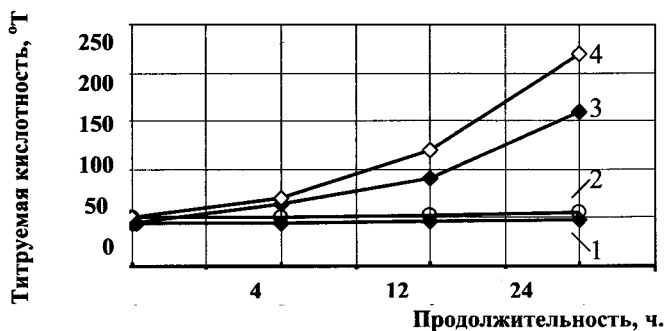


Рис. 1.29. Влияние режимов хранения на процесс кислотообразования в творожной сыворотке:
 1 — творожная сыворотка из ванны, температура хранения 5–6 °С в течение 24 ч;
 2 — творожная сыворотка из механизированной линии Я9-ОПТ-5, температура хранения 5–6 °С в течение 24 ч;
 3 — творожная сыворотка из ванны, температура хранения 20–22 °С в течение 24 ч;
 4 — творожная сыворотка из механизированной линии Я9-ОПТ-5, температура хранения 20–22 °С в течение 24 ч

Таблица 1.40. Динамика развития микроорганизмов в процессе хранения сыворотки

Микроорганизмы	Продолжительность хранения, сут				
	0	2	4	6	8
	Количество микроорганизмов, тыс./см ³				
Молочнокислые бактерии:					
мезофильные	3010	5040	9970	15080	29730
ароматобразующие	1,10	1,15	1,00	0,05	0,01
термофильные	34,8	46,2	59,0	72,0	97,1
Уксуснокислые бактерии	0,11	0,60	1,50	2,50	2,50
Бактерии группы кишечной палочки	0,31	4,70	6,30	3,80	0,30
Плесневые грибы и дрожжи	0,01	900	4740	7860	12900
Гнилостные бактерии	Единицы				

Развитие микрофлоры вызывает определенные изменения в составе молочной сыворотки. Общая кислотность ее возрастает более чем в два раза, снижается содержание лактозы, увеличивается количество летучих кислот и происходят незначительные изменения количественных соотношений общего и небелкового азота.

Для более глубокого изучения совместного влияния температуры и времени обработки на обсемененность творожной сыворотки в качестве объекта исследования использовалась наиболее сложная по микробиологическому составу творожная сыворотка, отобранная из механизированной линии Я9-ОПТ-5. Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют о том, что наиболее подвержены действию температур бактерии группы кишечной палочки, затем психрофильные микроорганизмы и дрожжи. Термофильные и мезофильные микроорганизмы проявляют большую устойчивость к нагреванию, о чем свидетельствует снижение их количества в сыворотке лишь на три — четыре порядка. Более высокая степень

выживания мезофильной микрофлоры (по отношению к термофильной) связана с большим относительным содержанием в ней спорообразующих микроорганизмов, в то время как термофильная микрофлора в основном представлена неспорообразующими палочками.

При хранении творожной сыворотки в охлажденном состоянии количество плесеней и дрожжей резко увеличивается, что может привести к формированию пороков готовой продукции.

Молочнокислая микрофлора, содержащаяся в большом количестве в творожной сыворотке, может влиять на показатели готовой продукции, вырабатываемой на ее основе. Поэтому необходимо учитывать температурные режимы обработки при дальнейшем использовании творожной сыворотки, нельзя допускать движения сыворотки по линиям, предназначенным для движения цельномолочного сырья и готовой продукции.

Сравнивая микробиологическую обсемененность творожной и подсырной сыворотки, можно сделать выводы, что подсырная сыворотка менее обсеменена термоустойчивой микрофлорой и представляет меньшую опасность в качестве источника микрофлоры, вызывающей порок готового продукта. Хотя и в ней сохраняется микрофлора, способная вызывать порок повышенной кислотности. Следовательно, подсырную сыворотку после пастеризации можно направлять на дальнейшую переработку, поскольку нормируемые показатели по БГКП и КМАФАнМ после пастеризации не превышали требуемых норм СанПиН (не более 10^5 КОЕ/см³). Творожная сыворотка, обладающая наиболее сложным составом микрофлоры, даже после термической обработки содержит большое количество (10^7 КОЕ/см³) термоустойчивой палочковидной микрофлоры, свойства которой изучены не достаточно и которая была обнаружена во всех образцах сухих продуктов, содержащих творожную сыворотку.

Для улучшения микробиологических показателей молочной сыворотки необходимо четко соблюдать установленные технологические параметры процесса выработки готового продукта; исключить повторное обсеменение сырья в процессе технологической переработки. Так, например, если процесс сквашивания при производстве творога длится более 14 часов, то сначала не сквашенное молоко приобретает тягучесть, титруемая кислотность сгустков всего 28–30 °Т, кокковая микрофлора в микропрепаратах исчезает, появляются зернистые термоустойчивые палочки. Затем титруемая кислотность поднимается до 300 °Т, идет протеолиз белка (сгусток разжижается), выход продукции низкий. Чем быстрее происходит сквашивание молока, тем меньше возможность развития БГКП, так как интенсивное снижение рН среды в сквашенном молоке подавляет их развитие [71].

В весеннее и осеннее время года наблюдается ухудшение качества молока и активное развитие сопутствующей, посторонней микрофлоры, в том числе бактериофага. Поэтому в эти периоды требуется не только интенсивная мойка и контроль за ее качеством, но и необходимы особенно активные, стойкие и устойчивые по отношению к фагу закваски.

Проведенные целевые, широкомасштабные исследования [75, 76] позволили сформулировать положение о наличии в биоценозе технологической обработки молочной сыворотки типичных микроорганизмов, которые были специально изучены.

Специфическая микрофлора молочной сыворотки. Для микрофлоры сыворотки и продуктов ее переработки характерен ограниченный круг микроорганизмов с определенными морфологическими, культуральными и биохимическими свойствами [82]. Как писал классик технической микробиологии С. А. Королев, «... одно из основных положений микробиологии — однородная обстановка создает и однородную микрофлору» [83]. Действительно, сыворотка имеет совершенно определенный состав, который представлен лактозой (3,2–4,8%), молочными белками (0,5–1,5%), минеральными веществами (0,3–0,8%) и остатками жира (0,05–0,5%), находящимися в водном растворе с благоприятной для микроорганизмов концентрацией сухих веществ (4,2–7,4)%. Кроме того, общие процессы обработки молока при получении молочной сыворотки, а также переработки ее в сухие продукты способствуют формированию строго определенного круга остаточной микрофлоры. Последняя отличает-

ся повышенной устойчивостью к различным неблагоприятным факторам среды, в том числе к высокой температуре, изменению кислотности, низкому содержанию влаги.

Наиболее типичные группы и виды микроорганизмов, встречающихся в сыворотке на всех этапах ее переработки, сохраняются и в готовых продуктах в течение длительного времени. В основном это термоустойчивая микрофлора, попадающая в сыворотку из молока, выдерживающая температуру пастеризации, а также с поверхности оборудования. Причиной термоустойчивости является способность к образованию покоящихся форм. Среди них известные и изученные покоящиеся формы — эндоспоры и спорообразующие палочки рода *Bacillus*. Доля спорообразующих палочек в общем составе микрофлоры меняется от 10 % в свежей сыворотке до 30 % в пастеризованной, а в сухих продуктах из сыворотки — от 7 до 66 % (в зависимости от метода обработки и срока хранения).

Из-за активных протеолитических свойств *Bacillus* относятся к группе технически вредных микроорганизмов, способных вызывать пороки готовых продуктов, связанные с распадом белка, горький вкус, неприятный привкус и запах, неоднородная консистенция. Гораздо более удивительна способность к выживанию при пастеризации кокковых форм микроорганизмов. В процессе работы с сывороткой постоянно исследователи [75, 76] сталкивались с микроорганизмами, способными образовывать на МПА округлые, гладкие, выпуклые, глянцевые колонии белого цвета с ровным краем и маслянистой консистенцией диаметром 2–4 мм. В микропрепаратах обнаруживались грамвариабельные кокки в разных сочетаниях — расположенные одиночно, парами, скоплениями, в виде цепочек. Колонии, образуемые данным микроорганизмом при культивировании в течение 24–48 ч при температуре 30 °C и результаты микроскопирования препарата культуры изображены на рис. 1.30.

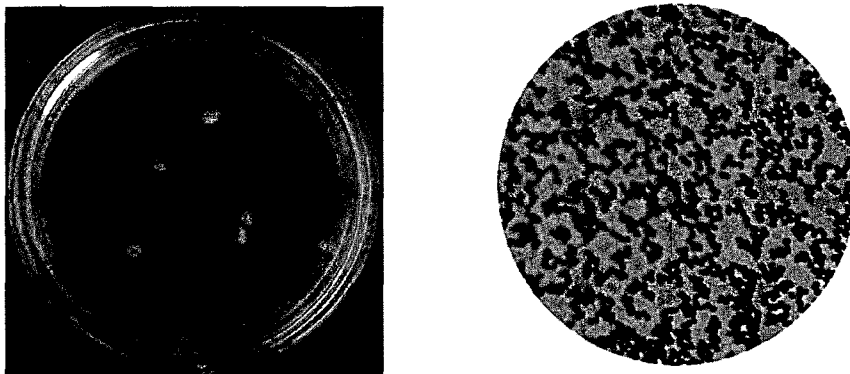


Рис. 1.30. Вид колоний, образуемых микрококками на плотной питательной среде МПА и фиксированный препарат чистой культуры микрококков

Эта культура — одна из немногих, сохраняющих жизнеспособность не только после разнообразной тепловой обработки, но и после щелочной изомеризации (pH 11 при 70–75 °C) при высоком осмотическом давлении (в сиропах лактулозы с массовой долей сухих веществ около 70 % как минимум в течение 5 лет), а также в сухих сывороточных продуктах.

Поэтому именно эти микроорганизмы исследовались более тщательно и затем были переданы в ФГУП ГосНИИ генетики (Москва) для идентификации с использованием анализа 16S-рРНК, с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР). Первичный анализ сходства нуклеотидных последовательностей генов 16S-рРНК изучаемой культуры проводили с помощью специализированных компьютерных программ и каталогов. Скрининг показал, что исследуемый штамм принадлежит к следующим систематическим группам: *Bacteria* → *Proteobacteria* → *Gammaproteobacteria* → *Pseudomonadales* → *Moraxellaceae* → *Acinetobacter* →

Acinetobacter calcoaceticus, причем гомология составила 98 %. Последовательности были выровнены с соответствующими последовательностями ближайших видов бактерий, доступными из базы данных *GenBank*.

По данным анализа было построено филогенетическое дерево с гомологичными штаммами [76], представленное на рис. 1.31.

Критерием отнесения микроорганизма к тому или иному виду считается гомология не менее 97 %. По этому критерию анализируемый штамм с большой долей вероятности был отнесен к виду *Acinetobacter calcoaceticus*. Возможно, высокая устойчивость этого вида к неблагоприятным условиям среды обусловлена способностью к образованию покоящихся форм — акинет.

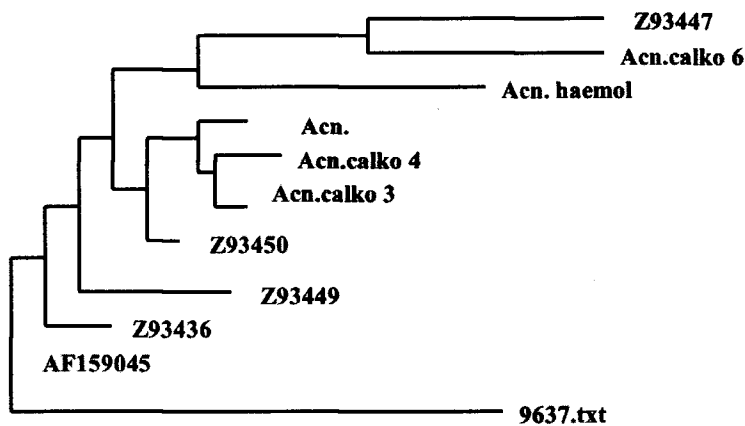


Рис. 1.31. Схема филогенетического дерева выделенной культуры с гомологичными штаммами

Условные обозначения:

AF159045 — *Acinetobacter calcoaceticus* str. A2

Z93436 — *Acinetobacter haemolyticus* str. DNA group three ATCC 17922

Acn.calco 3 — *Acinetobacter calcoaceticus* DSM 1139

Acn.calco 4 — *Acinetobacter calcoaceticus* str. DNA group one DSM 30006 (T)

Z93450 — *Acinetobacter* sp. str. 10095

Z93449 — *Acinetobacter* sp. str. 10090

Acn.calco 6 — *Acinetobacter calcoaceticus* str. DNA group one ATCC 23055 (T)

Acn.UN1P2 — *Acinetobacter* sp. str. UN1P2

Z93447 — *Acinetobacter* sp. str. DNA Group TU14 ATCC 17905

Acn.haemol — *Acinetobacter haemolyticus* DSM 6962 (T)

9637.txt — Исследуемый штамм

С точки зрения возникновения пороков молочной продукции *Acinetobacter calcoaceticus* не представляет опасности, так как медленно развивается в молоке. Возможно, он даже вступает в симбиотические отношения с некоторыми видами заквасочной микрофлоры. Наличие *Acinetobacter calcoaceticus* в пищевых продуктах влияет на стандартный микробиологический показатель КМАФАнМ, а также может приводить к порче готовой продукции, прежде всего мясной, так как обладает протеолитическими свойствами (разжижение желатина). В связи с приведенными данными представляет интерес определение способов подавления развития данного микроорганизма. Один из способов — подавление заквасочной культурой.

Для определения антибиотической активности заквасочной культуры применяли луночный метод. Влияния заквасочной микрофлоры на культуру микрококков показано на рис. 1.32.

Наибольшую антибиотическую активность по отношению к культуре микрококков проявили ацидофильная палочка (6) и бактериальный концентрат для йогурта (4), содержащий термофильный стрептококк и болгарскую палочку. При этом закваски, содержащие индивидуально либо болгарскую палочку, либо термофильный стрептококк, оказывают значительно меньшее влияние на культуру микроорганизма. Наименьшую антибиотическую активность проявляют закваска для сметаны и термофильный стрептококк.

Второй способ подавления микрококков — использование моющих и дезинфицирующих средств. При исследовании воздействия на культуру моющих и дезинфицирующих средств, используемых в пищевой промышленности, применяли метод бумажных дисков. Действие моющих и дезинфицирующих средств на культуру микрококков показано на рис. 1.33.

Из всех моющих средств на культуру наибольшее влияние оказывает «Биомол» и «Биолайт», из дезинфицирующих средств большая задержка роста наблюдается в присутствии средства «Ника Экстра М».

Полученные результаты говорят об устойчивости выделенной культуры микрококков к большинству средств, применяемых в промышленности для мойки. Вместе с тем, для мойки промышленного оборудования целесообразно применение средства «Биомол», представляющего собой оптимизированную смесь комплексобразующих моющих компонентов и ингибиторов коррозии в комбинации с каустической содой для усиления эффективности очищающего действия. Также возможно использование средства «Биолайт», которое представляет собой смесь органических и неорганических кислот, комплексообразователей, ин-

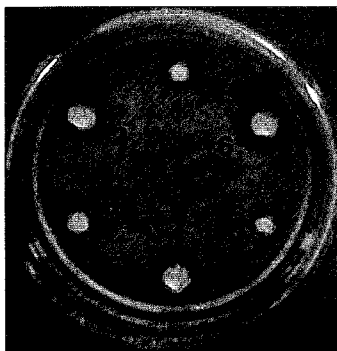
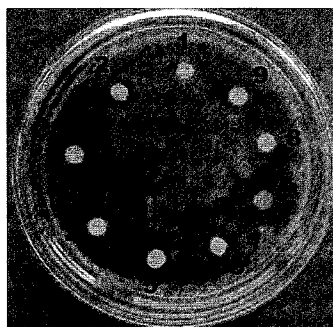


Рис. 1.32. Влияние заквасочной микрофлоры на культуру микрококков



- Моющие средства**
1 - 0,6% раствор азотной кислоты;
2 - 0,9% раствор «Вимоло»;
3 - «Биомол»;
4 - каустическая сода;
5 - «Биолайт»
- Дезинфицирующие средства**
6 - «Ника Экстра М»;
7 - «Ника 2»;
8 - Хлорная известь (200мг/л);
9 - «Жавель Солид»

Рис. 1.33. Действие моющих и дезинфицирующих средств на культуру микрококков

гибиторов коррозии и пеногасителей. Для уничтожения термо- и осмоустойчивой кокковой микрофлоры целесообразно применение «Биолайта» в комбинации с азотной кислотой. Для дезинфекции машин и аппаратов необходимо применять средство «Ника Экстра М», которое в качестве действующего агента содержит алкилдиметилбензил-аммонийхлорид — 3,5–4,5%. К микрофлоре, выдерживающей температуры пастеризации, относят также термоустойчивые палочки.

С целью изучения свойств технически вредных микроорганизмов, вызывающих в готовых продуктах пороки, было проведено выделение чистых культур термоустойчивой палочковидной микрофлоры из образцов творожной сыворотки. В результате культивирования творожной сыворотки на АГМ чаще всего вырастали колонии двух типов. Колонии первого типа — глянцевые, вязкие, матовые, округлой формы, диаметром 7–9 мм. Колонии второго типа — выпуклые, глянцевые, с неровным краем и рельефной поверхностью, диаметром 5–7 мм. Чистые культуры термоустойчивой микрофлоры затем подвергали анализу для определения культуральных и биохимических свойств. На рис. 1.34 представлены колонии первого и второго типа, микроскопический анализ которых показал наличие спорообразующей палочки в колонии первого типа и зернистой палочки в колонии второго типа. По результатам исследований была проведена идентификация выделенной микрофлоры в соответствии с определителями микроорганизмов [84, 85, 86].

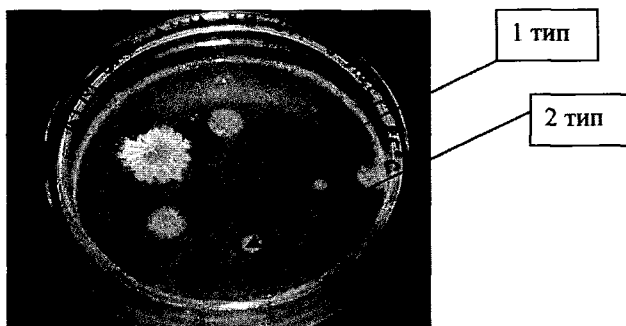


Рис. 1.34. Вид колоний первого и второго типа термоустойчивой палочковидной микрофлоры, выделенной из творожной сыворотки на АГМ

Наиболее близки по свойствам к выделенным чистым культурам могут быть *Bacillus calidolactis* (колонии первого типа) и *Bacillus lactis album*, *Bacillus lactis brevis* (колонии второго типа). При дальнейшем изучении выделенной чистой культуры термоустойчивой палочковидной микрофлоры оказалось, что эти культуры давали высокую кислотность в молоке только совместно с мезофильной закваской.

Проведенные исследования по подавлению выявленной микрофлоры заквасочной культурой и моющими и дезинфицирующими средствами показали

- наибольшую антибиотическую активность по отношению к термоустойчивой палочке проявила ацидофильная палочка. Йогуртная закваска и закваска для творога подавляли ее рост в меньшей степени, а наименьшую активность показали закваски для сметаны и сыров;
- устойчивость термоустойчивой палочковидной микрофлоры к большинству средств, применяемых в молочной промышленности для мойки оборудования.

Вместе с тем, существуют дезинфицирующие средства, способные уничтожать данный вид микроорганизма. К таким средствам можно отнести перекись водорода, «Ника Экстра М», действующим агентом которого является алкилдиметилбензил-аммонийхлорид и «Жа-

вель Солид», который в качестве действующего вещества содержит натриевую соль дихлориоциануровой кислоты. Следует также отметить, что эффективность применяемых средств зависит от времени их хранения, то есть, для достижения требуемого результата мойки и дезинфекции необходимо использовать растворы непосредственно после их приготовления.

Данные исследования, проведенные в лабораторных и производственных условиях, позволяют выделить следующие основные технологические факторы, в наибольшей степени влияющие на микробиологическую обсемененность молочной сыворотки и продуктов на ее основе:

- вид сыворотки и способ ее получения, причем ряд сырья с обсемененностью от меньшей к большей выглядит следующим образом: подсырная сыворотка → творожная сыворотка из ванн → творожная сыворотка с механизированной линии;
- режимы хранения сыворотки и полуфабрикатов (необходимо охлаждение до 10 °С, продолжительность хранения — не более 24 ч);
- режимы тепловой обработки;
- условия хранения готовой продукции;
- условия мойки и дезинфекции.

1.8. Резюме по главе 1

Рассматривая молочную сыворотку как биотехнологическую систему (БТС), в плане изучения ее состава, свойств и пищевой (кормовой) ценности, можно констатировать следующее. Молочная сыворотка объективно является неременной составляющей молочного дела, по праву занимает свою нишу в рамках АПК и в биоценозе планеты. Ее состав, как «полумолока», структурно-механические свойства (жидкая система) и биологическая ценность всех природных компонентов, обуславливают необходимость управления качеством, рассмотрение проблем маркетинга и жизненного цикла.

Системный анализ всех аспектов феномена состава и свойств молочной сыворотки позволяет на данном уровне наших знаний сформулировать гипотетическое понятие «кода жизни». Доказательной базой является соотношение жира, белков и углеводов в молочной сыворотке, получаемой при естественном сквашивании (биотрансформация нанокластеров) и неуправляемом синерезисе (биомембранная технология) молока-сырья, которое примерно равно 1 : 1 : 4 (1 % жира, 1 % белков и 4 % лактозы). Это соотношение полностью соответствует гомеостазу нутрициологии и формуле сбалансированного питания. Микробный и ферментный пулы молочной сыворотки, с учетом полисахаридов-сорбентов (пока неизученных) [87] идеально совмещается с постулатами адекватного питания. Наличие комплекса БАД (витамины, amino- и жирные кислоты, газ и др. нутриенты) с биологически синтезированной водой естественно ставит молочную сыворотку в ряд продуктов функционального питания. И, наконец, синтез этих показателей дает в наше распоряжение продукт для рационального питания. Именно с этих позиций жизнеобеспечивающего показателя далее рассматриваются все аспекты управления (сохранения) качеством, переработки и использования молочной сыворотки.

1.9. Литература к главе 1

1. Bartoletus F. *Enziklopedia hermetiko-dogmatika*, Bologna, 1619. — p. 168
2. J.N. de Wit. *Lehrbuch der Molke und Molkenerzeugnisse* [Текст]/J.N. de Wit — Brüssel: European Whey Products Association. — 2001.
3. Храмцов, А. Г. Современные представления о месте и роли лактозы в биосфере нашей планеты [Текст]/А. Г. Храмцов//Доклад на международном симпозиуме ММФ «Лактоза и ее производные». — Москва, 2007.
4. Тепел, А. Химия и физика молока/Пер. с нем. [Текст]/А. Тепел. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 624 с.
5. Храмцов, А. Г. Инновационные приоритеты реализации биотехнологических систем продуктов питания нового поколения [Текст]/А. Г. Храмцов//Материалы Международного НПК факультета биотехнологии, товароведения и экспертизы товаров «Биотехнологические системы и инновационные технологии производства продуктов питания как один из инструментов реализации «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы». — пос. Персиановский: ДонГАУ. — 2009. — С. 6–8.
6. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — 82 с.
7. Zadov, J. G. *Lactose: Properties and Uses* [Text]/J. G. Zadov//J. Dairy Science. — 1984. — 67. — P. 2654–79.
8. Осинцев, А. М. Теоретические и экспериментальные исследования коагуляции молока [Текст]/Автореф. Ди... д-ра техн. наук/Осинцев Алексей Михайлович. — Кемерово: КемТИПП, 2005. — 38 с.
9. Молочников, В. В. Безотходная переработка обезжиренного молока на основе безмембранного осмоса [Текст]/В. В. Молочников, Т. А. Орлова, С. В. Аписимов//Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. — 36 с.
10. Храмцов, А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмцов Андрей Андреевич. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
11. Храмцов, А. Г. Состав и биологическая ценность подсырной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, Б. О. Суюнчева, П. Г. Нестеренко, Е. В. Бельмасова//Сыроделие. — 1999. — 4. — С. 32–34.
12. Силин, В. М. Прогнозирование массовой доли сухих веществ подсырной сыворотки по составу исходного молока [Текст]/В. М. Силин//Сыроделие и маслоделие. — 2008. — № 3. — С. 38–39.
13. Варданян, А. Г. Криоскопический метод определения степени гидролиза лактозы [Текст]/А. Г. Варданян, А. Г. Храмцов, Н. М. Панова, А. Д. Лодыгин//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» — Москва, 2007. — С. 221.
14. Карпович, А. А. Исследование очистки молочной сыворотки электродиализом с ионитовыми мембранами [Текст]/Автореф. дис... канд. техн. наук/Карпович А. А. — Вологда, 1968.
15. Евдокимов, И. А. Электродиализ молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, А. В. Пермяков. — Георгиевск: ГТИ (филиал) СевКавГТУ, 2009. — 248 с.
16. Суюнчев, О. А. Рациональное использование козьего молока и его молочной сыворотки [Текст]/О. А. Суюнчев, В. А. Самойлов, П. Г. Нестеренко, А. С. Рудаков, Т. В. Вобликова//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. — № 1.
17. Германская, Л. Г. Разработка технологии мягкого порционного сыра из восстановленного молока [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Германская Людмила Геннадьевна. — Кемерово: КемТИПП. — 2006. — 155 с.
18. Шувасев, В. А. Биотехнология. Опыт применения нетрадиционных подходов [Текст]/Шувасев В. А., Кунижев С. М. — Ставрополь, СГУ, 2002. — 242 с.
19. Справочник технологии молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 3. Сыры [Текст]/В. В. Кузнецов, Г. Г. Шилер — СПб, ГИОРД, 2003. — 512 с.
20. Доценко, С. М. Молочно-белковые продукты и напитки [Текст]/С. М. Доценко, Н. Н. Тихая, Н. С. Байкова//Молочная промышленность. — 2008. — № 7.
21. Храмцов, А. Г. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки А. Г. Храмцов, Э. Ф. Кравченко, К. С. Петровский, и др [Текст]/— М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — 296 с.
22. Калашиков, А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных [Текст]/Под ред. А. П. Калашикова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова: Справочное пособие. — М. — 2003. — 456 с.
23. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/Дис... д. т. н.: 05.18.04/Евдокимов Иван Алексеевич. — М.: ВНИИМП. — 1997.

24. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — 173 с.
25. Гаврилов, Г.Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе комплексной переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Дис.... д-р. техн. наук: 05.18.04/Гаврилов Гавриил Борисович. — Ярославль, 2006. — 433 с.
26. Жукова, Л.П. Использование молочной сыворотки в производстве продуктов питания [Текст]/Л.П. Жукова//Пищевая промышленность. — 1996. — № 11. — С. 24.
27. Храмцов, А.Г. Молочная сыворотка [Текст]/А.Г. Храмцов. — М.: Агропромиздат. — 1990. — 240.
28. Уманский, М.С. Теоретическое обоснование и исследование закономерностей селективного липолиза в натуральных сырах [Текст]/Автореф. дис.... д.т. Н./Уманский Марк Соломонович — Кемерово: КемТИПП, 2000. — 39 с.
29. Смыков, И.Т. Нанотехнологии в производстве молочных продуктов [Текст]/И.Т. Смыков//Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 24–27.
30. Смыков, И.Т. Использование нанопроцессов и нанотехнологий в переработке молока [Текст]/И.Т. Смыков//Переработка молока. — 2008. — № 12. — С. 26–28.
31. Мельникова, Е.И. Исследование биотехнологического потенциала творожной сыворотки: модификация химического состава, прогнозирование качества и новые технологические решения [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Мельникова Елена Ивановна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2007. — 458 с.
32. Шевелев, К. Сыворотка — ценный субпродукт [Текст]/К. Шевелев//Молочная промышленность. — 2005. — № 1.
33. Ельчанинов, В.В. Номенклатура и биохимические свойства основных сывороточных белков коровьего молока. Альфа-альбумин и сывороточный альбумин [Текст]/В.В. Ельчанинов//Сыроделье и маслоделие. — 2009. — № 5. — С. 50–52.
34. Остроумов, Л.А. Использование сывороточных белков в продуктах питания [Текст]/Л.А. Остроумов, Ю.В. Леоенко, И.С. Разумникова, В.П. Емелин//Молочная промышленность. — 2008. — № 11.
35. Зобкова, З.С. Использование функциональных пищевых ингредиентов творожной сыворотки [Текст]/З.С. Зобкова, С.А. Щербакова//Молочная промышленность. — 2007. — № 4.
36. Токаев, Э.С. Сывороточные белки для функциональных напитков [Текст]/Э.С. Токаев, Е.Н. Баженова, Р.Ю. Мироедова//Молочная промышленность. — 2007. — № 10.
37. Кравченко, Э.Ф. Состав и некоторые функциональные свойства белков молока [Текст]/Э.Ф. Кравченко, Ю.А. Свириденко, Н.В. Плисов//Молочная промышленность. — 2005. — № 11. — С. 42–44.
38. Иванов, В.Л. Совершенствование технологии молочных продуктов на основе электрофоретического изучения белков молока [Текст]/В.Л. Иванов, П.А. Лисин, Н.А. Нагибина; Под ред. В.Л. Иванова: Монография. — Омск: Изд-во ОмГАУ, 2003. — 156 с.
39. Bastian, E. Bioactivity of Peptides Derived from Whey Protein [Text]/E. Bastian, L. Ward//Proceedings of the 3rd International Whey Conference «The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition». — Munich, 2001. — p. 373–387.
40. Тихомирова, Н.А. Природный и рекомбинантный ангиогенин. Свойства и количественный анализ [Текст]/Н.А. Тихомирова: Монография. — М.: Пищевая промышленность, 1999. — 137 с.
41. Кустов, Н.П. Исследование особенностей переработки молочной сыворотки (на примере Алтайского края) [Текст]/Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.18.04/Кустов Николай Петрович. — Кемерово: КемТИПП, 2004. — 18 с.
42. Зобкова, З.С. О роли антибактериальных факторов в повышении стойкости молока [Текст]/З.С. Зобкова, А.М. Мишина, В.В. Смолянинов, Г.В. Шехватова//Молочная промышленность. — 2007. — № 8.
43. Зобкова, З.С. О бифидогенных свойствах лактоферрина [Текст]/З.С. Зобкова, А.В. Мишина, А.В. Бегунова//Молочная промышленность. — 2008. — № 7.
44. Зобкова, З.С. Антимикробные свойства лактоферрина [Текст]/З.С. Зобкова, А.В. Мишина, А.В. Бегунова//Молочная промышленность. — 2007. — № 10.
45. Schaafsma, G. Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition [Text]/G. Schaafsma//International Dairy Journal. — 2008. — № 18. — P. 458–465.
46. Рагимова, А.М. Исследование минерального состава молока и динамика распределения макро- и микроэлементов при производстве молочных продуктов [Текст]/Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.18.04/Рагимова Аида Магомедмироевна. — Ленинград: Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, 1988. — 16 с.
47. Келли, А.Л. Нативные ферменты молока [Текст]/А.Л. Келли, П.Ф. Фокс//Молочная промышленность. — 2007. — № 8. — С. 32–33.
48. Гунькова, П.И. Протеазы молока [Текст]/П.И. Гунькова, К.К. Горбатова, С.В. Гуньков//Переработка молока. — 2008. — № 12. — С. 24.
49. Федеральный закон РФ № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию».

50. Мельникова, Е. И. Нейроцевитические напитки на основе модифицированной формы творожной сыворотки [Текст]/Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова//Молочная промышленность. — 2008. — № 12.
51. Мельникова, Е. И. Подсластители в молочных продуктах [Текст]/Е. И. Мельникова, Л. В. Голубева, О. Н. Гришко//Воронеж. агровестник. — 2004. — № 6. — С. 29–30.
52. *Melnikova, E. I. Biomedical aspects of the development of specialized drinks with intensive sweeteners of natural origin [Текст]/E. I. Melnikova, L. V. Golubeva//Ecological Congress (USA). — 2004. — V. 7. — № 1. — P. 45–46.*
53. Мельникова Е. И. Сенсорометрический анализ и нейросетевые технологии в оценке качества молоко-содержащих продуктов [Текст]: монография/Е. И. Мельникова, Я. И. Коренман, С. И. Нифталиев, С. Е. Боева. — Воронеж: ВГТА, 2009. — 202 с.
54. Коренман, Я. И. Мультисенсорная система для определения летучих жирных кислот в творожной сыворотке [Текст]/Я. И. Коренман, Е. И. Мельникова, С. И. Нифталиев, С. Е. Светолунова // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2005. — № 9. — С. 40–41.
55. Коренман, Я. И. Определение пищевых компонентов стевии в экстракте на основе ультрафильтраата творожной сыворотки [Текст]/Я. И. Коренман, Е. И. Мельникова, С. И. Нифталиев, С. Е. Светолунова//Изв. вузов. Пищевая технология. — 2005. — № 5–6. — С. 70–72.
56. Коренман, Я. И. Определение дитерпеновых гликозидов в экстракте на основе творожной сыворотки методом ВЭЖХ [Текст]/Я. И. Коренман, Е. И. Мельникова, С. И. Нифталиев, С. Е. Светолунова//Сорбционные и хроматографические процессы. — 2006. — Т. 6. — № 2. — С. 227–232.
57. *Mahnig, B. Combinatorial receptor codes for odors [Электронный ресурс]/B. Mahnig, J. Hiroto, T. Sato, L. B. Buck//http://www.hhmi.org/news/buck. htm.*
58. Шидловская, В. П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов: Справочник [Текст]/В. П. Шидловская//М.: Колос, 2002. — 280 с.
59. Горбатова, К. К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов [Текст]/К. К. Горбатова. — СПб: ГИОРД, 2003. — 352 с.
60. Жидков, В. Е. Научно-технические основы биотехнологии альтернативных вариантов напитков из молочной сыворотки [Текст]/В. Е. Жидков. — Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2000. — 144 с.
61. Коренман, Я. И. Подходы к анализу пищевых продуктов. Разработка масс-чувствительных сенсоров [Текст]/Я. И. Коренман, Т. А. Кучменко//Рос. хим. журн. — 2002. — Т. 46. — № 4. — С. 34–41.
62. Власов, Ю. Г. Химический анализ многокомпонентных водных растворов с применением систем неспецифических сенсоров и искусственных нейронных сетей [Текст]/Ю. Г. Власов, А. В. Легин, А. М. Рудницкая, А. Д'Амико, К. Ди Натали//Журн. аналит. химии. — 1997. — Т. 52. — № 11. — С. 1199–1205.
63. Филаретов, Г. Ф. Применение искусственных нейронных сетей в сенсорных системах [Текст]/Г. Ф. Филаретов, А. Н. Житков//Датчики и системы. — 1999. — № 5. — С. 2–9.
64. *Jurs, P. C. Computation methods for the analysis of chemical sensor array data from volatile analytes [Текст]/P. C. Jurs, G. A. Bakken, H. E. McClelland//Chem. Rev. — 2000. — V. 100. — № 7. — P. 2649–2678.*
65. Коренман, Я. И. Применение искусственных нейронных сетей в мультисенсорных системах «электронный нос» для определения нитроалканов в воздухе [Текст]/Я. И. Коренман, А. В. Калач//Сорбц. и хроматогр. процессы. — 2002. — Т. 2. — № 2. — С. 175–179.
66. Лисин, П. А. Биотермодинамические параметры сыворотки [Текст]/П. А. Лисин, Н. Б. Гаврилова//Молочная промышленность, — 2008. — № 11.
67. Лисин, П. А. Биотермодинамика поверхностного слоя молока и молочных продуктов: монография [Текст]/П. А. Лисин. — Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2008. — 168 с.
68. Храмов, А. Г. Влияние баромембранной обработки на поверхностное натяжение молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, И. В. Москаленко, И. А. Евдокимов, Г. С. Варданян, Е. Р. Абдулина//Сборник научных трудов 6-й Всесоюзной НТК «Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья». — Москва, 1999. — С. 69–70.
69. Храмов, А. Г. Промышленная переработка нежирного молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмов, К. К. Полянский, П. Г. Нестеренко, С. В. Василисин. — Изд-во Воронежского университета, 1992. — 189 с.
70. Эдсолл Дж. Биотермодинамика [Текст]/Дж. Эдсолл, Х. Гатфренд; пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 221 с.
71. Банникова Л. А., Королева Н. С., Семенихина В. Ф. Основы молочного производства Справочник, — М.: Агропромиздат, 1987. — 400 с.
72. Гудков, А. В. Сыроделие: Технологические, биологические и физико-химические аспекты [Текст]/А. В. Гудков//М.: ДСЛ принт. — 2004. — 804 с.
73. Залашко М. В. Биотехнология переработки молочной сыворотки [Текст]/М. В. Залашко. — М.: Агропромиздат, 1990. — 192 с.
74. Залашко, М. В. Микробный синтез на молочной сыворотке [Текст]/М. В. Залашко, Л. С. Залашко//Минск: Наука и техника, 1976. — 272 с.
75. Кузнецова, О. В. Исследование микробиологических аспектов получения и переработки вторичного молочного сырья [Текст]/Дис.... канд. техн. наук 05.18.04/Кузнецова Ольга Викторовна. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2007. — 183 с.

-
76. Гетман, Ю.Г. Исследование микробиологических аспектов производства лактулозы и бифидогенных добавок/Дис.... канд. техн. наук 05.18.07/Гетман Юлия Геннадьевна. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. — 172 с.
 77. Ленгелер, Й. Современная микробиология. Прокариоты: В 2х томах [Текст]/Й. Ленгелер, Г. Дресс, Г. Шлегель//Т. 1. — М.: Мир, 2005. — 656 с.
 78. Степаненко, П. П. Микробиология молока и молочных: учебник для ВУЗов [Текст]/П. П. Степаненко. — Сергиев — Посад: ООО «Все для Вас — Подмосковье». Москва, 2002.
 79. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01. — М.: ФГУП «Интер СЭН», 2002. — 168 с.
 80. Храмцов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко//М.: ДеЛи принт, 2004. — 587 с.
 81. Федеральный закон РФ № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию».
 82. Рябцева, С. А. Микрофлора сыворотки и продуктов ее переработки [Текст]/С. А. Рябцева, О. В. Кузнецова, Ю. Г. Гетман//Молочная промышленность, — 2008. — № 12. — С. 38–40.
 83. Королев, С. А. Основы технической микробиологии молочного дела [Текст]/С. А. Королев//М.: Пищевая промышленность, 1974.
 84. Краткий определитель бактерий Берджи. Восьмое издание/Под ред. Хоулт Дж. — М.: «Мир», 1980. — 495 с.
 85. Определитель бактерий Берджи. Издание девятое/Под ред. Хоулт Дж., Криг Н. — М.: «Мир», 1997. — Т. 1. 432 с., Т. 2. 368 с.
 86. Цион Р. А. Определитель микробов — М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948–789 с.
 87. Белодед, А. В. Микробиологический синтез и деградация гиалуроновой кислоты бактериями *p. Streptococcus* [Текст]/Автореф. дис. канд. биол. наук. — М.: МГУПБ, 2008. — 22 с.

Глава 2

Квалиметрия молочной сыворотки

2.1. Общие положения

Проблема обеспечения безопасности молочной сыворотки в целом, ее отдельных компонентов и получаемых производных является актуальной по многим позициям — технологической, пищевой, медицинской (санитария и гигиена), ветеринарной, а также правовой.

В настоящей главе, в обобщенном и кратком виде, изложены правовые аспекты обращения с молочной сывороткой в соответствии с Техническим регламентом (ТР), ФЗ № 88, элементы экспертизы и ХАССП.

2.2. Адаптация требований Технического регламента к молочной сыворотке

Исходя из новаций в правовом и нормативно-техническом обеспечении молочной отрасли АПК, рассмотрим требования Федерального закона Российской Федерации от 12 июня 2008 г. ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» (ТР) в плане его возможной адаптации к молочной сыворотке и получаемым из нее и с ее участием продуктам [1]. Естественно, все 15 глав и 44 статьи ФЗ № 88 имеют отношение к сыворотке в соответствии с пунктом 14 статьи 2, относящей «вторичные продукты переработки молока», в том числе молочную сыворотку и особенно получаемые из нее продукты, к ведению ТР. В соответствии с этими положениями и принципами логики все термины и определения по вторичному молочному сырью и молочной сыворотке взяты из ТР и приняты при изло-

жении материала настоящей монографии, кроме свободной интерпретации при использовании ссылок. При этом совершенно понятно, что эта информация не имеет правового статуса и приведена для облегчения восприятия излагаемого материала [2].

Технический регламент содержит: 102 понятия, относящихся к молоку и молочной продукции; 30 — относящихся к процессам; 12 — к продуктам детского питания; 5 понятий функционально необходимых компонентов. При формировании понятийного аппарата использовался национальный стандарт «Продукты молочные и молочносодержащие. Термины и определения» [3], а также положения международного стандарта Кодекса Алиментариус № 206 «Общий стандарт на использование терминов молочной промышленности» [4].

Основными объектами контроля ТР являются: сырье, производственный процесс, продукция, на которые влияют определенные группы факторов, включающие вспомогательные операции, результаты входного контроля, уровень взаимодействия с поставщиками, производственные условия. В свою очередь каждая группа показателей включает свои характеристики, которые также можно контролировать, измерять и анализировать [5, 6].

На рис. 2.1 показана поэтапная схема контроля качества молочной сыворотки, как исходного сырья, для промышленной переработки.

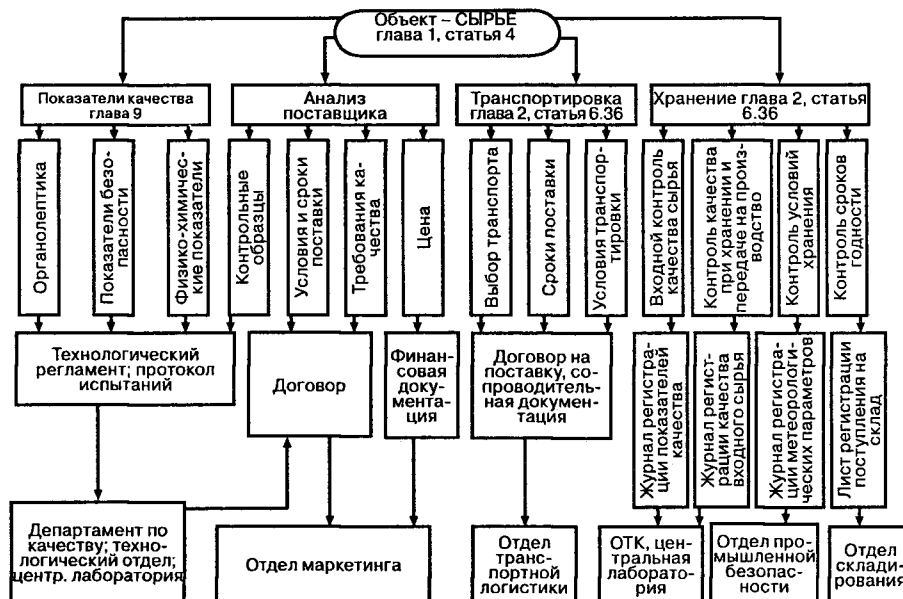


Рис. 2.1. Поэтапная схема контроля качества сырья

Четыре структурных уровня и 32 операции с конкретной ссылкой на главы и статьи ТР позволяют формировать нормативную базу по молочной сыворотке как сырью для промышленной переработки в продукты питания и кормовые средства. Для подтверждения правового статуса на уровне федерального закона объекта монографии — молочной сыворотки, ее компонентов и их производных, приведем некоторые его положения из статьи 4 ТР:

– **вторичное молочное сырье** — побочный продукт переработки молока, молочный продукт с частично утраченными идентификационными признаками или потребительскими свойствами (в том числе такие продукты, отозванные в пределах их сроков годности, но соответствующие предъявляемым к продовольственному сырью требованиям безопасности), предназначенные для использования после переработки;

- **молочная сыворотка (подсырная, творожная или казеиновая сыворотка)** — побочный продукт переработки молока, полученный при производстве сыра (подсырная сыворотка), творога (творожная сыворотка) и казеина (казеиновая сыворотка);
- **молочная плазма** — коллоидная система белков молока, молочного сахара (лактозы), минеральных веществ, ферментов и витаминов в водной фазе;
- **сывороточные белки** — белки молока, остающиеся в молочной сыворотке после осаждения казеина;
- **концентрат сывороточных белков** — сывороточные белки, полученные из молочной сыворотки путем концентрирования или ультрафильтрации.

В главе 9 ТР установлены идентификационные признаки молочной сыворотки. При проведении идентификации необходимо руководствоваться приложением 11 (органолептические показатели идентификации продуктов), приложением 3 (допустимые уровни содержания потенциально опасных веществ), приложением 12 (физико-химические показатели) [1].

Основными факторами производственного процесса промышленной обработки молочной сыворотки являются следующие: надежное технологическое оборудование, соответствующее современному уровню технологии; надлежащие условия производственной среды и квалифицированного персонала, способного реализовать производственный процесс, в соответствии с установленными требованиями. Эффективность зависит от технологических стадий производства и соблюдения основных параметров. Надежность работы производственного оборудования определяется его своевременной профилактикой, проверкой, техническим обслуживанием. Условия производственной среды включают показатели безопасности (которые могут создать критическую ситуацию), метеорологические показатели [7]. Схема процессов производства продукции из молочной сыворотки представлена на рис. 2.2.

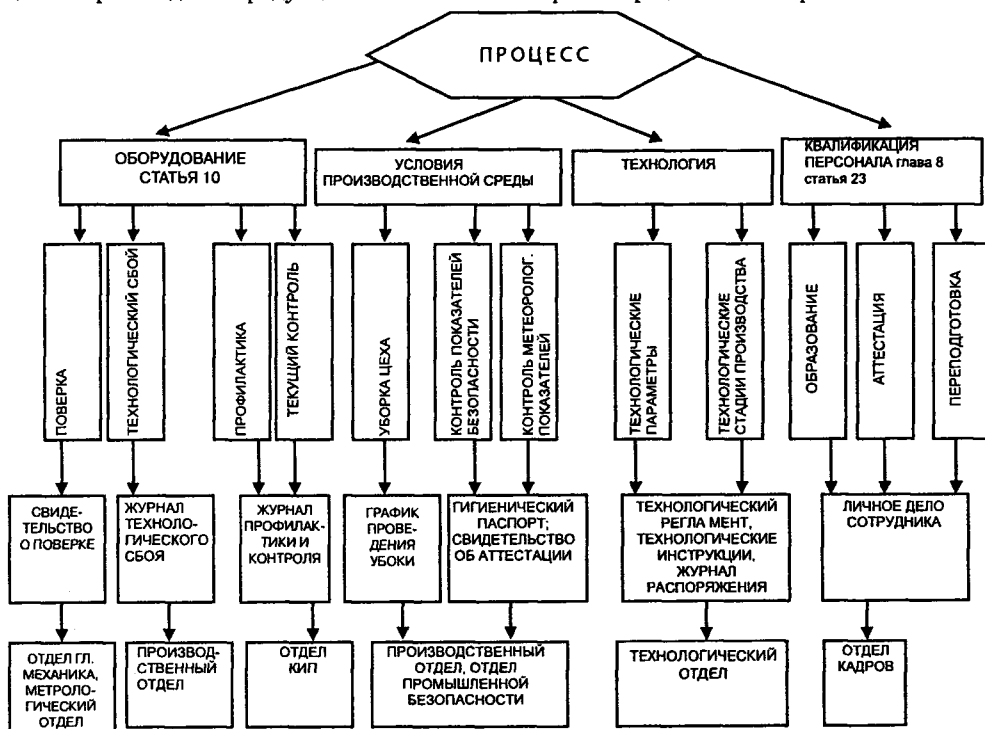


Рис. 2.2. Поэтапная схема производственного процесса

Основные понятия процессов производства молочной сыворотки устанавливаются в статье 9 Технического регламента.

Контроль качества и безопасности продукции проводится в соответствии с Программой производственного контроля, утвержденной руководителем предприятия (статья 20 ТР) и нормативной документацией на конкретный вид продукта. Программа производственного контроля должна содержать (статья 21 ТР):

- критические контрольные точки процесса производства;
- контролируемые параметры качества и безопасности сырья;
- контролируемые параметры производственных технологических процессов;
- графики и режимы санитарной обработки;
- графики технического обслуживания оборудования;
- процедуры по возврату сырья;
- мероприятия по выполнению гигиенических требований;
- перечень лиц, несущих ответственность за исполнение пунктов программы контроля.

Служба контроля качества, помимо изучения сырья, осуществляет санитарно-гигиенический контроль производства (статья 22 ТР).

Качество получаемой продукции на разных этапах жизненного цикла зависит от совокупности факторов, при этом важными являются вспомогательные операции по уровню контроля испытаний, хранению, фасовке, деятельности по сбыту (рис. 2.3).

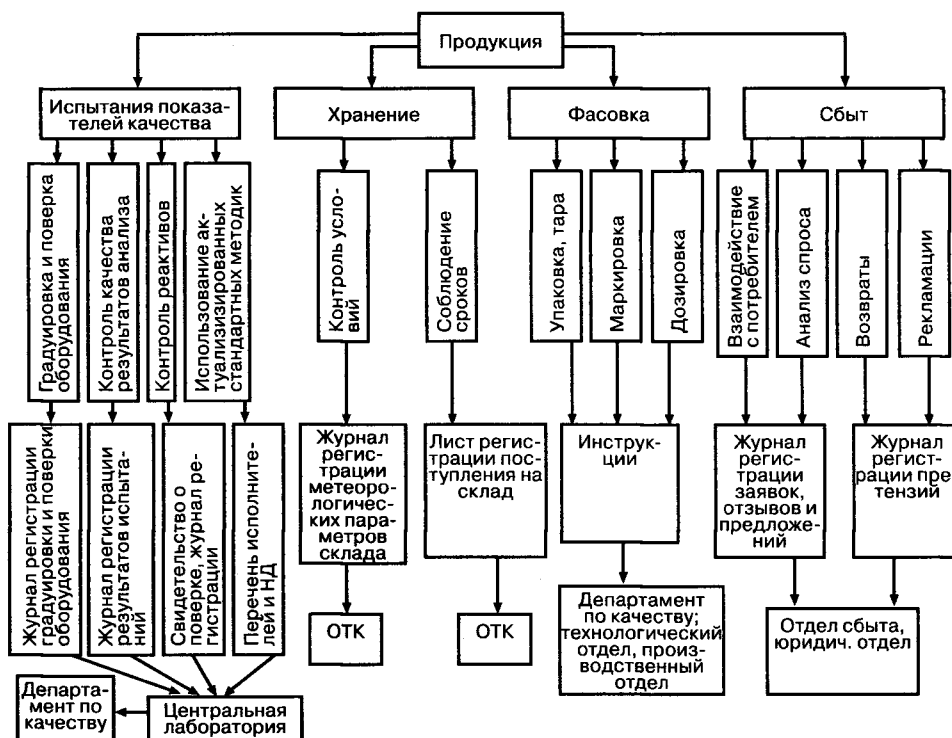


Рис. 2.3. Схема контроля готовой продукции

Согласно действующему в РФ законодательству всю ответственность за качество и безопасность продукции несет производитель (статья 41, 42 ТР). Именно он должен обеспечить соответствие показателей производимой продукции установленным требованиям. Требования к терминологии, упаковке и маркировке устанавливаются в статьях 35, 36, 37 ТР.

Федеральный закон определяет сферу применения технического регламента, охватывая объекты технического регулирования, требования к безопасности объектов, правила идентификации объектов, устанавливает права и обязанности участников регулируемых отношений. Поэтому для создания нового качественного продукта необходимо тесное взаимодействие всех структурных подразделений [8]. Все эти общие положения имеют непосредственное отношение к молочной сыворотке.

Введение в действие Федерального закона № 88 «Технический регламент на молоко и продукты переработки молока» ставит перед изготовителем необходимость сертификации продуктов на основе молочной сыворотки с учетом новых требований. При проведении сертификации в новых условиях наряду с требованиями ТР необходимо учитывать требования нормативных и технических документов, так как именно в них содержится подробное описание продуктов, указаны их основные свойства и возможные допуски в отклонении свойств, описаны условия хранения, сроки годности, особенности маркировки, упаковки и другие вопросы.

Представляется важным, что закон разрешает в качестве описаний продуктов использовать нормативные документы федеральных органов исполнительной власти, международные и национальные стандарты, стандарты организаций, сопроводительные документы. В этом перечне особая роль принадлежит стандартам организации, под которыми понимаются технические условия, технологические инструкции и рецептуры; именно те документы, по которым в настоящее время изготавливается продукция из молочной сыворотки.

При этом необходимо актуализировать весь фонд технической документации на молочную сыворотку и вырабатываемых из нее продуктов. Такая работа была осуществлена ГНУ ВНИИМС [9]. Следует обратить внимание на то, что ОСТ 10–213–97 «Сыворотка молочная», был изменен на ТУ 9229–179–04610209–2008 «Сыворотка молочная — сырьё». Проведено изменение действующих и разработка новых требований в нормативных документах. Перечень указан в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Перечень технических документов на продукты из молочной сыворотки

Наименование технического документа (ТУ)	Номер документа
Сыворотка молочная — сырьё	ТУ 9229–179–04610209–2008 (взамен ОСТ 10 213–97)
Сыворотка молочная пастеризованная	Изменение № 1 ТУ 9229–110–04610209–2002 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Масса альбуминная из подсырной сыворотки	Изменение № 1 ТУ 9229–062–04610209–2002 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Сыворотка молочная сухая	Изменение № 1 ТУ 9223–123–04610209–2009 (взамен ТУ 9223–123–04610209–2002), утверждено 21.01.2009 Дата введения в действие — с момента утверждения
Сыворотка молочная деминерализованная	Изменение №91 ТУ 9229–131–04610209–2004 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Сахар молочный	Изменение № 1 ТУ 9229–128–04610209–2003
Сборник технологических инструкций по производству молочного сахара (утв. 20.05.98 г.).	Изменение № 1 Изменение № 2

Окончание табл. 2.1

Наименование технического документа (ТУ)	Номер документа
Концентраты на основе вторичного молочного сырья сухие	Изменение № 1 ТУ 9223–143–04610209–2003 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Напиток кисломолочный сывороточный	Изменение № 1 ТУ 9224–159–04610209–2004 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Сыворотка молочная с соком пастеризованная	Изменение № 1 ТУ 9229–169–04610209–2007 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Паста альбуминная с вкусовыми компонентами	Изменение N 1 ТУ 9225–171–04610209–2007 и изменение № 1 технологической инструкции по производству
Смесь молочная обезжиренная сухая	ТУ 9229–081–04610209–2008 (взамен ТУ 9229–081–04610209–2000)
Концентрат высокобелковый сухой напиток «Антей»	ТУ 9223–178–04610209–2008

Ниже изложены пояснения разработчиков по перечисленным в табл. 2.1 техническим документам.

В разделе «Требования к качеству и безопасности» в соответствии с ТР и Методических рекомендаций по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (МР 2.3.2.2327–08) регламентированы показатели безопасности готового продукта, а также заменены ссылки на сырье. С учетом требований законодательства РФ в области защиты прав потребителей, нормативных правовых актов РФ уточнены требования к маркировке потребительской и транспортной тары, актуализированы разделы «Правила приемки» и «Методы контроля». Раздел «Методы контроля» дополнен новыми государственными стандартами на методы контроля показателей качества и безопасности. В новой редакции представлены данные о пищевой и энергетической ценности готового продукта.

В изменениях Технологических инструкций по производству включены новые государственные стандарты на сырье, регламентированы нормативы по содержанию токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов и радионуклидов и микробиологические показатели.

В ТУ ужесточены требования к транспортной маркировке. В новой редакции изложен раздел «Правила приемки». В нем приведена информация, которую должен содержать сопроводительный документ; определен порядок и периодичность контроля готовой продукции. В разделе «Методы контроля» уточнены навески сыворотки сухой при определении массовой доли белка, кислотности и индекса растворимости, включены новые государственные стандарты на методы контроля показателей качества и безопасности [9].

Изложение и оформление технических условий проведены в соответствии с требованиями Федерального закона № 88-ФЗ и № 184-ФЗ «О техническом регулировании», который предусматривает постепенное исключение из сферы использования отраслевых документов: ГОСТ Р 51740–2001 «Технические условия на пищевые продукты. Общие требования к разработке и оформлению» и ГОСТ Р 52738–2007 «Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения» [10, 11].

Использование базы технических документов на продукты на основе молочной сыворотки, актуализированных в соответствии с требованиями ТР, позволит производителю:

- упорядочить ассортимент вырабатываемых продуктов на основе молочной сыворотки;
- повысить уровень требований к контролю качества и безопасности сырья, технологических процессов производства и готовых продуктов на основе молочной сыворотки;

- обеспечить более полную информацию для потребителя о составе и свойствах продуктов на основе молочной сыворотки, условиях их хранения и сроках годности;
- повысить требования к упаковке, маркировке готовых продуктов на основе молочной сыворотки.

Со дня вступления в силу настоящего Федерального закона утратили силу положения Закона Российской Федерации от 14 мая 1993 года № 4979-1 «О ветеринарии» положения Федерального закона от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», положения Федерального закона от 2 января 2000 года № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов», применительно к оценке и подтверждению соответствия, обязательным требованиям процессов производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации [1].

Следует обратить внимание, что в ФЗ № 88 используются основные понятия, установленные статьей 2 Федерального закона от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании», статьей 1 Федерального закона от 2 января 2000 года № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов». Безусловно, эта ссылка имеет только информационную составляющую, не подменяя текст Федерального закона Российской Федерации от 12 июня 2008 г. N 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию».

В целом адаптация ФЗ № 88 ТР требует незамедлительной актуализации каждого действующего в настоящее время нормативного акта любого уровня, как это сделано на примере молочной сыворотки и вырабатываемых из нее продуктов во ВНИИМС. При этом необходимо подчеркнуть, что в принципе данные проблемы решаются введением национальных стандартов на вторичное молочное сырье и вырабатываемые из него продукты [12]. Данная работа только начинается. Имеются национальные стандарты ГОСТ Р 53438–2009 «Сыворотка молочная. Технические условия»; ГОСТ Р 53493–2009 «Сыворотка молочная сухая. Технические условия»; ГОСТ Р 53493–2009 «Альбумин молочный. Технические условия»; ГОСТ Р 53493–2009 «Концентраты сывороточных белков сухие. Технические условия». Все другие нормативно-технические документы на молочную сыворотку и продукты из нее в соответствии с ТР находятся в стадии разработки и подлежат реализации по мере их вступления в действие.

2.3. Экспертиза молочной сыворотки

2.3.1. Идентификация и экспертиза

Требования к качеству различных видов молочной сыворотки и ее фильтратов регламентированы. В настоящее время они определяются по ТУ 9229–179–04610209–2008 «Сыворотка молочная — сырье», взамен ОСТ 10 213–97 2008 «Сыворотка молочная».

Требования к качеству и безопасности. Молочная сыворотка должна соответствовать требованиям, установленным техническими условиями и изготавливаться по технологической инструкции с соблюдением действующих требований, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации.

По органолептическим показателям молочная сыворотка должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Органолептические показатели молочной сыворотки

Наименование показателя (характеристика)	Характеристика для сыворотки		
	Подсырной		Творожной Казеиновой
	несоленой	соленой	
Вкус и запах	Характерный для молочной сыворотки, сладковатый	Характерный для молочной сыворотки, солоноватый	Характерный для молочной сыворотки, кисловатый
	Без посторонних привкусов и запахов		
Консистенция и внешний вид	Однородная жидкость, допускается наличие белкового осадка		
Цвет	Бледно-зеленый		

Анализируя сенсорiku молочной сыворотки, следует отметить четкое деление по понятиям — сладкая и кислая; введение показателя по соленой и единообразию цвета.

По физико-химическим показателям сыворотка должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Физико-химические показатели молочной сыворотки

Наименование показателя	Значение показателя для сыворотки			
	Подсырной		Творожной	Казеиновой
	несоленой	соленой		
Массовая доля сухих веществ, %, не менее,				
в том числе:	5,6	7,0		5,5
лактозы, %, не менее	4,0	4,0		3,5
Кислотность, °Т, не более		20,0		60,0*
Температура, °С, не выше			6	
Массовая доля хлористого натрия, %, не более	—	1,5		—

*При выработке творога кислотным способом на линии Я9-ОПТ значение показателя кислотности для сыворотки творожной — не более 66 °Т

Обращает внимание заметное различие показателей титруемой кислотности и повышения содержания сухих веществ в соленой подсырной сыворотке.

По микробиологическим показателям сыворотка должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Микробиологические показатели молочной сыворотки

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сыворотка для производства напитков	Сыворотка для производства других продуктов
Объем продукта (см ³) в котором не допускаются:		
БГКП	0,01	0,001
Патогенные микроорганизмы (в т. ч. сальмонеллы)		25

Следует обратить внимание, что при отборе молочной сыворотки для получения напитков чистота должна быть выше других продуктов на целый уровень.

По содержанию токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, антибиотиков и радионуклидов сыворотка для производства пищевых продуктов должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.5 [13].

Таблица 2.5. Показатели безопасности молочной сыворотки

Потенциально опасные вещества		Допустимые уровни, мг/л, не более
Токсичные элементы:	Свинец	0,1
	Мышьяк	0,05
	Кадмий	0,03
	Ртуть	0,005
Микотоксины (афлатоксин М 1)		0,0005
Антибиотики:	Левомецетин (хлорамфеникол)	Не допускается
	Тетрациклиновая группа	Не допускается
	Стрептомицин	Не допускается
	Пенициллин	Не допускается
Пестициды:	Гексахлорциклогексан (α , β , γ -изомеры)	0,05
	ДДТ и его метаболиты	0,05
Радионуклиды:	Цезий-137	100 Бк/л
	Стронций-90	25 Бк/л

Нормирование приведенных в табл. 2.5 показателей безопасности свидетельствует, что молочная сыворотка поставлена в один ряд с другими видами сельскохозяйственного сырья для производства продуктов питания.

Правила приемки. Порядок проведения приемки осуществляют в соответствии с ГОСТ 26809 (аналогично молоку-сырью).

Партией считают предназначенную для контроля молочную сыворотку одного наименования, разлитую в однородную тару из одной емкости для хранения, произведенную на одном предприятии-изготовителе, одной даты производства и оформленную одним документом, удостоверяющим ее качество и безопасность. Для сыворотки в цистернах — продукт каждой цистерны. Каждую партию выпускаемой с предприятия молочной сыворотки проверяют на соответствие требованиям нормативных правовых актов и настоящих технических условий и оформляют сопроводительным документом, подтверждающим соответствие сыворотки установленным требованиям, содержащим следующую информацию:

- наименование сыворотки;
- номер документа и дату его выдачи;
- наименование и место нахождения изготовителя (адрес, в том числе страна и (или) место происхождения) и организации в Российской Федерации, уполномоченной изготовителем на принятие претензий от потребителей на территории Российской Федерации (при наличии);
- товарный знак изготовителя (при наличии);
- номер партии и дату отгрузки;
- количество мест и масса нетто партии;
- условия хранения;
- срок годности;

- дату производства;
- обозначение настоящих технических условий.

Каждая партия молочной сыворотки должна сопровождаться ветеринарным сопроводительным документом в соответствии с «Правилами организации работы по выдаче ветеринарных сопроводительных документов» [13].

Периодические испытания по показателям безопасности (содержанию токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов, радионуклидов), микробиологических показателей, проводят в установленном порядке в соответствии с программой производственного контроля, разработанной предприятием-изготовителем с учетом рекомендаций МР 2.3.2.2327 и инструкции по порядку и периодичности контроля за содержанием микробиологических и химических загрязнителей в молоке и молочных продуктах на предприятиях молочной промышленности [14].

Органолептические, физико-химические показатели, правильность маркировки и качество упаковки определяют в каждой партии. Массовую долю хлористого натрия определяют в каждой партии только в соленой сыворотке.

Микробиологические показатели: БГКП определяют не реже одного раза в 10 суток, патогенные микроорганизмы один раз в квартал. В случае обнаружения существенного превышения показателя БГКП относительно допустимых норм проводят усиленный контроль безопасности сыворотки в каждой партии, с целью выявления причин, приводящих к нарушению норм безопасности. При получении неудовлетворительных результатов анализов хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторный анализ удвоенного количества выборок. Результаты повторных анализов являются окончательными и распространяются на всю партию молочной сыворотки [15].

Маркировка. При нанесении маркировки должны быть указаны следующие информационные данные:

- наименование сыворотки;
- наименование и место нахождения изготовителя (адрес, в том числе страна и (или) место происхождения) и организации в Российской Федерации, уполномоченной изготовителем на принятие претензий (при наличии) от потребителей на территории Российской Федерации;
- показатели идентификации (органолептические показатели, массовая доля сухих веществ, кислотность);
- товарный знак (при наличии);
- масса нетто сыворотки;
- температура при отгрузке;
- дата и время отгрузки;
- срок годности;
- обозначение настоящих технических условий;
- манипуляционные знаки «Беречь от солнечных лучей», «Ограничение температуры» и «Скорпортящийся груз» — по ГОСТ 14192.

По инициативе заявителя допускается добровольное подтверждение соответствия.

Маркировочный текст в виде этикетки, изготовленной типографским способом, наклеивают на флаги. Для цистерн маркировочный текст прикрепляют к товарно-транспортному документу.

Упаковка. Молочную сыворотку для транспортирования с предприятия разливают в цистерны для пищевых жидкостей по ГОСТ 9218, металлические флаги по ГОСТ 5037 и другие виды тары, изготовленные из экологически безопасных материалов, разрешенных федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, для контакта с пищевыми продуктами. Крышки флаг и цистерн закрывают герметично. Запорные

устройства пломбируют по ГОСТ 18677 пломбами. Тара, используемая для упаковывания сыворотки, должна быть чистой, продезинфицированной, не подверженной коррозии.

Пределы допускаемых отрицательных отклонений содержимого нетто молочной сыворотки, упакованной во фляги — 1 %, в цистерны — 0,5 % (в соответствии с требованиями ГОСТ 8.579).

Правила транспортирования и хранения. Молочную сыворотку перевозят специальными транспортными средствами в соответствии с правилами перевозок особо скоропортящихся грузов, действующими на транспорте соответствующего вида.

Молочную сыворотку транспортируют при ее температуре не выше 6 °С. Срок годности сыворотки с момента получения до дальнейшей переработки при температуре не выше 6 °С не более 24 ч.

Срок годности молочной сыворотки свыше 24 ч устанавливает изготовитель в соответствии с МУК 4.2.1847.

При передаче молочной сыворотки на другие предприятия в указанный срок годности входит продолжительность хранения ее на предприятии-изготовителе, в т. ч. всех операций, связанных с подготовкой ее к передаче и транспортированием.

Требования безопасности и охрана окружающей среды. При получении молочной сыворотки не требуется проведения специальных мероприятий по охране окружающей среды от вредных воздействий. Микроклимат в производственных помещениях должен соответствовать требованиям СанПиН 2.2.4.548. Требования безопасности технологического процесса должны соответствовать ГОСТ 12.3.002. Условия труда, рабочее место и трудовой процесс нужно организовать безопасным для человека образом, они должны отвечать требованиям санитарных правил и иных нормативных актов Российской Федерации [13].

2.3.2. Методы контроля

При организации контроля молочной сыворотки следует руководствоваться положениями по общим и специальным аспектам организации и проведения контроля на системном уровне [14]. Программа производственного контроля продуктов из/на основе молочной сыворотки включает методические рекомендации и целую систему документов по контролю, предупреждению и регламентации технологического цикла получения и использования любых продуктов, разработанные ВНИИМС [16].

Все испытания необходимо проводить в специально выделенных помещениях, оборудованных необходимыми средствами контроля, измерений и оргтехники, а также техники безопасности.

Методы отбора проб и подготовка их к анализу проводятся согласно требованиям нормативной документации (ГОСТ 9225, ГОСТ 26809, ГОСТ 26929, МР 2.3.2.2327, МУК 2.6.1.1194, МУК 4.1.787). Отобранные пробы должны быть промаркированы.

Молочную сыворотку необходимо контролировать по определенным показателям, в соответствии с порядком контроля, установленным регламентирующими документами (техническим регламентом, ТУ, ТИ, а также другой нормативной документацией).

Органолептические признаки. Для оценки внешнего вида используют множество характеристик: прозрачность, размер, форму, текстуру поверхности, консистенцию, цвет, яркость. Эти показатели определяются визуально при температуре молочной сыворотки (22 ± 2) °С. Вкус и запах определяют обонятельными рецепторами. Органолептическая оценка является обобщенным результатом восприятия органами чувств, для определения уровня оценки используют качественные и количественные методы [16].

Физико-химические методы анализа. Применяются в целях определения химического состава молочной сыворотки и делятся на несколько категорий: оптические методы, электрохимические, хроматографические, химические и др. [14].

Рефрактометрический метод (основан на измерении угла преломления светового луча при переходе из одной среды в другую) и ареометрический метод (по плотности) используется при измерении массовой доли сухого вещества в молочной сыворотке.

Поляриметрический метод основан на поляриметрическом измерении концентрации лактозы в растворе после осаждения белков специфическими реагентами и отделения их фильтрованием. Используется при определении доли оптически активных веществ — сахарозы и лактозы в молочной сыворотке [18].

Фотометрический метод основан на интенсивности светового потока, прошедшего через раствор. Используется для определения тяжелых металлов (свинца — по ГОСТ 26932, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538, ГОСТ Р 51301, МУК 4.1.986; мышьяка — по ГОСТ 26930, ГОСТ 30538, ГОСТ Р 51766, ГОСТ Р 51962; кадмия — по ГОСТ 26933, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538, ГОСТ Р 51301, МУК 4.1.986; ртути — по ГОСТ 26927, МУ 5178), аминокислот, остаточного количества нитратов и нитритов.

Потенциометрическим методом определяют концентрацию ионов водорода в молочной сыворотке.

Определение массовой доли хлористого натрия в подсырной сыворотке проводят кондуктометрическим методом. Метод основан на измерении удельной электропроводности сыворотки.

Хроматографическими методами определяют состав белков, гормонов, витаминов.

Химические методы анализа необходимы для определения золы, жира, сухих веществ.

Для определения степени гидролиза лактозы используют прибор типа «Криостар». По калибровочной кривой (рис. 2.4) определяют, насколько эффективно проходит ферментативный гидролиз лактозы [19].

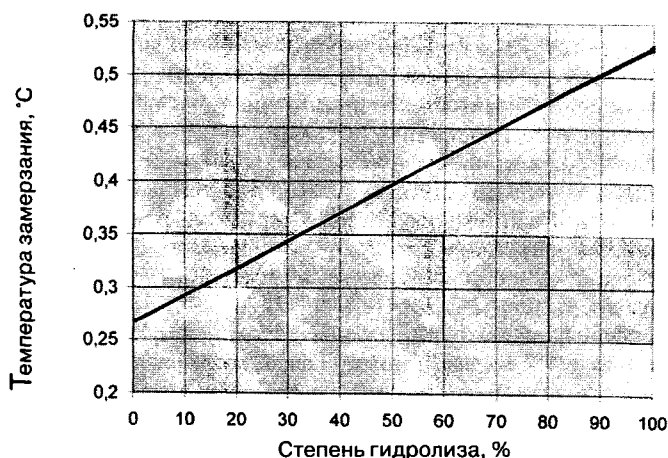


Рис. 2.4. Калибровочная кривая степени гидролиза лактозы

Для оперативного контроля наличия молочной сыворотки в технологических фракциях молочного предприятия рекомендуется экспресс-метод определения лактозы в конденсате вакуум-выпарных установок циркуляционного типа, разработанный в СевКавГТУ Н. М. Пановой [19].

Качество и безопасность молочной сыворотки можно оценить по микробиологическим показателям [20, 21]. Гигиенические нормативы по ним изложены в ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» и СанПиН 2.3.2.1078 «Гигиенические требова-

ния безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [22]. Санитарно-показательные микроорганизмы выявляются методом посевов на определенные питательные среды, и их содержание оценивают по титру и индексу. По показателю КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов) можно судить о санитарном состоянии производства молочной сыворотки. Стандартным методом является подсчет бактерий на чашках Петри, которые при определенных условиях растут и образуют колонии на плотном питательном агаре. Наличие бактерий группы кишечных палочек (определяют по ГОСТ 9225; ГОСТ 30519) свидетельствует о фекальном загрязнении объекта исследования. Метод основан на способности БГКП сбраживать в питательной среде лактозу с образованием газа и кислоты при определенных условиях культивирования. Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы (определяют по ГОСТ Р 50480 ГОСТ Р 52814) появляются при грубом нарушении санитарного режима.

Определение критериев безопасности осуществляют по специальным методикам в аккредитованных организациях:

- микотоксинов — по ГОСТ 30711, МУ 4082, МУК 4.1.787;
- антибиотиков — по МУ 3049, МР 4–18/1890, МУК 4.2.026;
- пестицидов — по ГОСТ 23452, МУ 3151, МУ 4362, МУ 6129;
- радионуклидов — по МУК 2.6.1.1194.

2.3.3. Консервирование молочной сыворотки-сырья

Под консервированием понимается такая обработка молочной сыворотки или продуктов из нее, в результате которой они сохраняются длительное время без порчи, то есть без разложения белков, жиров, углеводов и других компонентов. Важно также наиболее полно сохранить основные свойства продукта (вкус, внешний вид, биологическую и пищевую ценность) при наименьших затратах труда и средств.

Существует множество способов консервирования пищевых продуктов. При переработке молочной сыворотки нашли практическое применение следующие способы консервирования: физические, химические, технологические [23].

Физическое консервирование. Физические способы консервирования сводятся к тепловой обработке, причем, если до осветления сыворотки требуется режим термообработки, то он не должен вызывать денатурацию белков. Примерный режим термообработки в этом случае: кратковременное нагревание до $(72 \pm 2)^\circ\text{C}$, а затем охлаждение до $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$. Срок хранения обработанной таким образом сыворотки может быть до двух суток. В перспективе видится замораживание молочной сыворотки.

Химическое консервирование. Химические способы консервирования включают введение консервантов. В качестве консервантов при обработке молочной сыворотки применяют сорбиновую, бензойную, пропионовую кислоты, перекись водорода, формальдегид. Механизм действия консервантов определяется их химическими и физико-химическими свойствами. Следует учитывать, что торможение жизнедеятельности микроорганизмов и их гибель зависит от многих причин, в ряде случаев целесообразно применять смесь консервантов с расширенным спектром действия. Подбор консервантов, в этом случае, осуществляется таким образом, чтобы одно вещество дополняло другое, тем самым повышая общую эффективность консервирования.

Сравнительно доступными и недорогими консервантами, нашедшими практическое применение при переработке молочной сыворотки, являются: аскорбиновая кислота, свекловичный сахар, формалин (формальдегид), перекись водорода, поваренная соль. Формалин и перекись водорода используют для консервирования натуральной сыворотки, но их применение возможно для сохранения качества молочной сыворотки в ограниченных случаях. Их можно применять, например, при производстве молочного сахара. Следует учитывать,

что консервирующим действием обладает свекловичный сахар и поваренная соль, которые используется в рецептуре продукта.

Технологическое консервирование. Эффективным методом переработки молочной сыворотки в долго сохраняющиеся продукты являются сгущение и сушка. Повышение концентрации сухих веществ в сыворотке до 40 и 60 % позволяет сохранить этот продукт без существенных изменений в течение 5–30 сут. при температуре 20–25 °С, а при температуре 2–5 °С сроки хранения увеличиваются соответственно до 30 и 60 сут. и при этом значительно уменьшается объем исходного сырья, снижаются транспортные расходы. В настоящее время известны различные методы сушки: пленочная, распылительная, сублимационная, пенная, на инертных носителях, которые могут использоваться для длительного сохранения молочной сыворотки.

Соблюдение требований к качеству исходного сырья и технологических параметров процесса консервирования позволит при минимуме энергетических затрат обеспечить получение качественного продукта.

2.4. Безопасность молочной сыворотки в соответствии с ХАССП

Для достижения требований, установленных в законодательных актах и обеспечения стабильного качества и безопасности пищевой продукции все больше пищевых предприятий в мире используют систему *Hazard Analysis and Critical Control Points (НАССР)*. НАССР — в переводе на русский трактуется как «Анализ опасных факторов и критические контрольные точки» — в русской транскрипции известна как ХАССП. Эту систему обосновано называют технологией по безопасности пищевой продукции, разработанной до состояния искусства. Она занимает ведущее место в мировой пищевой индустрии. Система ХАССП известна и в России. В 2001 году был разработан ГОСТ Р 51705.1–2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования» [24]. Являясь методом с признанной эффективностью, ХАССП дает потребителям уверенность в безопасности, выпускаемой на пищевом предприятии продукции.

В системе ХАССП используется научный подход при идентификации опасностей в области производства пищевой продукции и применении различных методов для управления опасностями или их устранения. ХАССП способствует активному участию персонала в планировании и внедрении средств контроля для обеспечения безопасности пищевой продукции. Эффективность системы определяется семью основными принципами, на которых базируется ее применение:

- выявление опасных факторов;
- определение критических контрольных точек;
- определение критических пределов;
- создание системы мониторинга;
- разработка системы корректирующих действий;
- разработка систем проверок;
- разработка систем мониторинга.

С помощью этой системы предприятия пищевой промышленности могут идентифицировать и оценивать опасные факторы, возникающие на каждом этапе получения продукта [25].

Одним из первых вопросов при анализе технологии выработки пищевых продуктов по системе ХАССП является: может ли потенциальная опасность исходить из сырья? При использовании молочной сыворотки ответ будет: да. Молочная сыворотка является хорошей

средой для развития различных микроорганизмов, поэтому в процессе сбора и хранения ее состав и свойства могут изменяться, а качественные показатели ухудшаться [10]. К опасным факторам (рискам), которых следует избегать при производстве молочной сыворотки и продуктов из нее, относятся следующие:

- химические — токсичные элементы, антибиотики, радионуклиды, микотоксины, остаточное количество пестицидов;
- биологические — микробиологические показатели;
- физические — попадание физически ощутимых посторонних веществ.

Снижение риска опасности предупредительными мерами для обеспечения их безопасности и пригодности на определенном этапе производства проводится путем контроля производственных рисков. Специалисты, участвующие в производственных процессах, должны контролировать пищевые риски, при этом:

- выявляются критические этапы производственных процессов;
- осуществляются эффективные процедуры контроля на всех этапах;
- проводится мониторинг процедур контроля для обеспечения их постоянной эффективности;
- периодически проводится анализ процедур контроля, в том числе при их изменении.

Необходимо вести регистрацию всех рисков, появление которых возможно на каждом этапе в соответствии с объемом первичного производства, переработки, изготовления и реализации до момента потребления. Для анализа рисков необходимо предусмотреть следующие аспекты:

- вероятность рисков и степень их негативного влияния на здоровье;
- качественная и/или количественная оценка наличия рисков;
- жизнеспособность или размножение вредных микроорганизмов;
- выработка или устойчивость токсинов, химикатов или физических тел в молочной сыворотке;
- условия, вызывающие вышеописанные факторы.

Важно учитывать, какие контрольные меры, при их наличии, могут применяться по каждому риску. Для контроля риска может потребоваться более одной контрольной меры, также как и более одного риска, которые можно контролировать особым образом [26].

Определение критических контрольных точек (ККТ) можно проводить методом логического обоснования. Метод должен быть гибким и определять, осуществляется ли операция для производства, переработки, хранения, реализации или других целей. В случае выявления риска на этапе, на котором необходимо осуществление контроля в целях соблюдения безопасности, но контрольной меры на этом или другом этапе не существует, необходимо на этом этапе или на более ранней или поздней стадии модифицировать продукт (или процесс) с включением необходимой контрольной меры.

В стандарте ГОСТ Р 51705.1–2001 «Система качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования» установлено, что необходимо проанализировать ККТ и составить специальный рабочий лист, в котором фиксируются контролируемые параметры и периодичность контроля. С целью определения ККТ проанализирован процесс получения подсырной и творожной сыворотки, который в общем виде схематично представлен на рис. 2.5.

Рассмотрим ККТ получения и переработки молочной сыворотки (подсырной и творожной) по всей технологической цепи от молока-сырья до получения готового продукта с использованием методологии О. В. Сычевой [27].

ККТ 1 (получение молока-сырья). Качественные показатели молока-сырья отражаются на его технологических свойствах при переработке на молочные продукты, в том числе получаемую молочную сыворотку. Вот почему так важно знать, в какой период и в каких условиях было получено молоко-сырье. Многие пороки органолептических показателей молока явля-

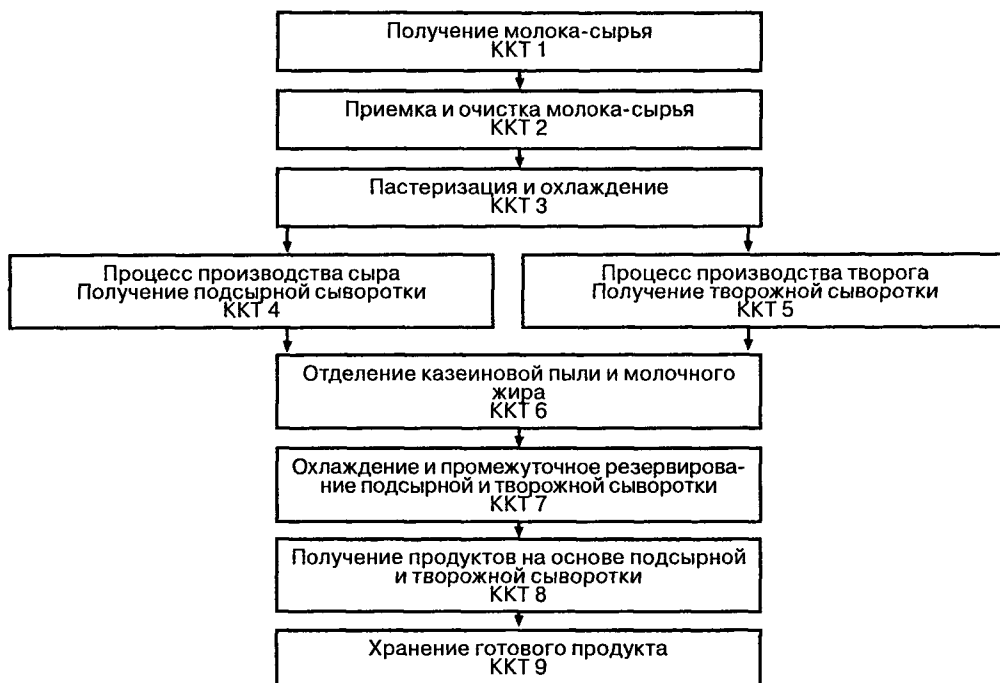


Рис. 2.5. Критические контрольные точки (ККТ) при получении подсырной и творожной сывороток

ются следствием скормливания недоброкачественных, зараженных патогенными бактериями и токсигенными грибами кормов. Считается, что от качества кормов зависит здоровье животных и качество молока-сырья. На качество молока влияет гигиена содержания животных, гигиена доярок, микроклимат помещений. Доильное оборудование, инвентарь и транспортировка молока являются наиболее значимыми источниками бактериального и физического загрязнения молока-сырья.

ККТ 2 (приемка и очистка молока-сырья). Приемку и оценку качества сырья проводят в соответствии с ГОСТ Р 52054–2003 «Молоко натуральное коровье — сырье. Технические условия» и вводимыми изменениями.

Контроль сырья на данном этапе осуществляется путем периодического отбора проб с целью определения количества и состава микрофлоры. При приемке молока на молочных предприятиях возможно дополнительное обсеменение молока БГКП, которые попадают с оборудования или от персонала.

Очистка сырья происходит двумя способами: фильтрованием (с помощью фильтрующих элементов) и центробежным способом (с использованием сепараторов-молокоочистителей). Опасность на данном этапе представляют остатки моющих и дезинфицирующих веществ и смазочные материалы.

ККТ 3 (пастеризация и охлаждение). При пастеризации и охлаждении сохраняется потенциальная опасность при несоблюдении технологических режимов тепловой обработки — наличие патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл и БГКП, при несоблюдении правил и режимов мойки — присутствие остатков моющих и дезинфицирующих веществ.

ККТ 4 (процесс производства сыра — получение подсырной сыворотки).

ККТ 5 (процесс производства творога — получение творожной сыворотки).

Указанные процессы (**ККТ 4 и 5**) очень важны для получения качественной подсырной и творожной сыворотки. На этой стадии может возникнуть много ККТ. Одной из важных критических точек является процесс заквашивания и сквашивания (при получении творога) или сычужного свертывания (при получении сыра). На данных технологических операциях возможно развитие термоустойчивой палочки при недостаточной активности закваски или бактериофагии. Возможно также обсеменение от персонала, из окружающей среды, при мойке и дезинфекции оборудования и помещения [28].

Анализ критических точек технологического процесса получения и переработки подсырной и творожной сыворотки с характеристикой опасных факторов и рекомендуемыми мерами, для устранения возможной микробиологической обсемененности, аналогичны процессам с обезжиренным молоком. При проведении процесса сычужного свертывания молока предупредительные меры по устранению возможного микробиологического загрязнения — необходимо обеспечить требуемую интенсивность и направленность микробиологических процессов во время выработки и созревания сырной массы путем изменения временных и температурных параметров процесса получения сырной массы, тщательно проводить мойку и дезинфекцию сыродельных ванн. При производстве творога в качестве предупредительных мер является поддержание температуры сквашивания не более 28–32 °С, регулярное определение наличия термоустойчивой и остаточной микрофлоры с использованием модифицированного метода по редуктазной пробе при выходе творожной сыворотки из обезвоживателя.

Сводная информация о влиянии технологических процессов на микробиологический пул подсырной сыворотки приведена в табл. 2.6 [21].

Таблица 2.6. Влияние технологического процесса получения подсырной сыворотки на микрофлору

Точки технологического процесса	Режимы, процессы	Результат воздействия на микрофлору
1 Приемка сырья (оценка качества)	Редуктазная проба, сычужно-бродильная проба, количество соматических клеток, отсутствие ингибирующих веществ, количество спор лактатсбраживающих маслянокислых бактерий	Исходные данные о составе микрофлоры и состоянии молока
2 Пастеризация молока	(74 ± 2) °С, выдержка 15–20 с	Уничтожение вегетативной, сапрофитной и патогенной микрофлоры. Остается и получает преимущества в развитии термоустойчивая микрофлора. Возможно накопление термоустойчивой микрофлоры в пастеризационном аппарате
3 Сквашивание	(28 ± 4) °С, 30 мин 0,3 % закваски, сычужный фермент, хлористый кальций	Размножение заквасочной микрофлоры, торможение развития посторонней микрофлоры
4 Процесс получения сырной массы	Температура второго нагревания (38 ± 1) °С	Размножение молочно-кислой заквасочной микрофлоры, торможение развития посторонней и санитарно-показательной микрофлоры
5 Производственная закваска (контроль качества)	Титруемая кислотность, газо- и ароматообразование, микроскопический препарат, БГКП	Снижение активности закваски, измененный состав микрофлоры, наличие посторонней микрофлоры может привести к ухудшению качества сыров, их порче

Окончание табл. 2.6

Точки технологического процесса	Режимы, процессы	Результат воздействия на микрофлору
6 Отделение сыворотки и охлаждение	6–10 °С	Возможно размножение микроорганизмов в случае повышения температуры

Анализ приведенных данных позволяет обеспечить оперативный контроль и технологическое сопровождение по обеспечению получения качественной подсырной сыворотки.

Аналогичная информация по творожной сыворотке приведена в табл. 2.7 [21].

Таблица 2.7. Влияние технологического процесса получения творожной сыворотки на микрофлору

Точки технологического процесса	Режимы, процессы	Результат воздействия на микрофлору
1 Присмка сырья (оценка качества)	Редуктазная проба, титруемая кислотность, ингибирующие вещества	Вторичное обсеменение с оборудования, воздуха, рук рабочих и т.д., наиболее опасно загрязнение молока термоустойчивой микрофлорой, выдерживающей режимы пастеризации
2 Очистка и нормализация	$t = (45 \pm 5) ^\circ\text{C}$	Разбивание скоплений микроорганизмов, дополнительное обсеменение смешанной микрофлорой
3 Пастеризация молока	$(78 \pm 2) ^\circ\text{C}$, выдержка 28–30 с	Уничтожение патогенной, а также основной массы вегетативной микрофлоры. Остается и получает преимущества в развитии термоустойчивая микрофлора, энтерококки. Возможно накопление термоустойчивой микрофлоры в пастеризационном аппарате
4 Охлаждение	28–32 °С	В случае выдержки несквашенного молока, возможно размножение микроорганизмов, попавших с оборудования, в т.ч. термоустойчивой микрофлоры
5 Заквашивание и сквашивание	3–5% закваски 6–8 ч	Обеспечивает интенсивное развитие молочнокислой микрофлоры, тормозит развитие посторонней и санитарно-показательной микрофлоры. При недостаточной активности закваски или бактериофагии возможно развитие термоустойчивой палочки
6 Разрезание сгустка Самопрессование сгустка Отделение сыворотки	1–2 ч	Значительное увеличение количества микроорганизмов, в т.ч. термоустойчивой палочки (ТУП), нарастание кислотности (при производстве творога в ваннах). При изготовлении творога на механизированной линии возможно попадание ТУП с оборудования
7 Охлаждение и промежуточное резервирование	6–10 °С	Возможно размножение микроорганизмов в случае повышения температуры
8 Закваска (контроль качества)	Активность, кислотность, микроскопический препарат, БГКП	Снижение активности закваски, наличие посторонней микрофлоры может привести к замедлению процесса сквашивания и обсеменению продукта

Обращает внимание и доказано специальными исследованиями [20, 21], что творожная сыворотка, с точки зрения реализации ХАССП, является более сложным объектом. Поэтому при ее получении появляется больше ККТ и требуется реализация технологических аспектов по сохранению качества (биопотенциала) в соответствии с рисунком 2.1.

ККТ 6 (отделение казеиновой пыли и молочного жира). Сбор молочной сыворотки осуществляется в резервуар для промежуточного хранения непосредственно из сыродельных или творожных ванн. Из резервуара сыворотка подается на саморазгружающийся сепара-

тор для отделения молочного жира и казеиновой пыли в виде подсырных сливок и белковой массы. Процесс проводится при температуре $(38,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$.

ККТ 7 (охлаждение и промежуточное резервирование). При использовании готового продукта в пищевых целях обезжиренная сыворотка, поступает на пастеризационно-охладительную установку, где пастеризуется при температуре $(73,5 \pm 1,5) ^\circ\text{C}$ с выдержкой 15 с. Сыворотку охлаждают до температуры $(8,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$. Допускается хранение охлажденной сыворотки не более 24 ч.

ККТ 8 (получение продуктов на основе подсырной и творожной сыворотки). Технологическая система производства новых видов продуктов предусматривает применение различных компонентов и веществ. Разброс параметров состава определяет статистический характер оптимальности режимов проведения процессов и может быть компенсирован перераспределением материальных потоков и перестройки технологических схем (структуры) в зависимости от качества и количества сырья, как это показано на схемах рис. 2.2 и 2.3. Для прогнозирования поведения технологической системы важно определить ее «чувствительные» точки, требующие жесткого контроля, и «критические» моменты времени, в которые наиболее целесообразно (или нежелательно) воздействие на подсистему.

ККТ 9 (хранение готового продукта). На этапе хранения проводится расфасовка, упаковка и исходящий контроль качества готового продукта. Этот этап является заключительным в жизненном цикле производства продуктов из/на основе молочной сыворотки.

Анализ опасных факторов показывает что критериями, гарантирующими эффективность контроля в критических контрольных точках, являются установленные характеристики или пределы, соблюдение требований мойки и дезинфекции оборудования, а также санитарии и гигиены. При этом критерии могут быть прямыми и косвенными, микробиологическими, физическими (чистота, температура), физико-химическими (рН), химическими (титруемая кислотность), сенсорными, хронологическими (время) и т. д.

Приведенные этапы получения подсырной и творожной сыворотки с использованием элементов ХАССП (**ККТ**), позволяют:

- предотвратить, устранить или снизить до приемлемого уровня риски возникновения опасностей в исходном сырье и пищевой продукции, влияющие на жизнь и здоровье потребителей;
- обеспечить стабильность безопасности исходного сырья и пищевой продукции за счет упорядочения и координации работ по управлению рисками при производстве, транспортировании, хранении и реализации;
- разрабатывать и применять эффективные схемы контроля технологических процессов для обеспечения безопасности продукции;
- установить в технологическом процессе номенклатуру контрольных точек и систему их мониторинга, что будет содействовать проведению надзора, эффективного контроля и надзора за соблюдением требований технических условий в процессе производства.

В целом реализация системы ХАССП обеспечивает безопасность продукции, производимой из молочной сыворотки [29], в том числе с точки зрения маркетинга [30].

2.5. Резюме по главе 2

Формирование квалиметрии молочной сыворотки только начинается. В системе действующего ТР на молочную продукцию объекту монографии найдено специальное место. Экспертиза молочной сыворотки имеет нормативную базу в виде отраслевых ТУ и национальных ГОСТов, актуализированных к ТР.

Реализация элементов ХАССП к молочной сыворотке, ее компонентам и их производным позволит выйти с получаемой продукцией на международный рынок.

2.6. Литература к главе 2

1. Федеральный закон РФ № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию».
2. Горбатова, К. К. Молочная терминология. Энциклопедический словарь-справочник [Текст]/К. К. Горбатова. — СПб.: ГИОРД, 2008. — 216 с.
3. ГОСТ Р 52738–2007 «Продукты молочные и молокосодержащие. Термины и определения».
4. Кодекс Алиментариус № 206–1999 «Общий стандарт на использование терминов молочной промышленности» [Текст]/Весь Мир — Москва. — 2007. — 10 с.
5. Крикун, Т. И. Понятийный аппарат технического регламента — классификация и терминология [Текст]/Т. И. Крикун//Молочная промышленность. — 2008. — № 10. — С. 11–14.
6. Крикун, Т. И. История разработки и принятия технического регламента на молоко и молочную продукцию [Текст]/Т. И. Крикун//Молочная промышленность. — 2008. — № 10. — С. 5.
7. Лодыгин, А. Д. Контроль производства бифидогенных сывороточных концентратов [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Б. Кравец//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 46.
8. Крикун, Т. И., Структура технического регламента: От понятий к процессам производства, выпуску продукции в обращении и срокам вступления закона в силу [Текст]/Т. И. Крикун//Молочная промышленность. — 2008. — № 10. — С. 10.
9. Кравченко, Э. Ф. Актуализация фонда технических документов на продукты на основе молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко, Т. А. Волкова//Переработка Молока. — 2009. — № 4. — С. 30.
10. ГОСТ Р 51740–2001 «Технические условия на пищевые продукты. Общие требования к разработке и оформлению».
11. ГОСТ Р 52738–2007 «Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения».
12. Абдуллаева, Л. В. О новых национальных стандартах в молочной отрасли [Текст]/Л. В. Абдуллаева//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 12.
13. Технические условия ТУ 9229–179–04610209–2008 (взамен ОСТ 10213–97) «Сыворотка молочная — сырьё».
14. Меркулова, Н. Г. Производственный контроль в молочной промышленности [Текст]/Н. Г. Меркулова, М. Ю. Меркулов, И. Ю. Меркулов. — СПб: Профессия. — 2009. — 334 с.
15. Скородумова, А. М. Практическое руководство по технической микробиологии молока и молочных продуктов [Текст]/А. М. Скородумова. — М.: Пищепромиздат, 1963. — 424 с.
16. Волкова Т. А. Программа производственного контроля продуктов на основе молочной сыворотки [Текст]/Т. А. Волкова, Э. Ф. Кравченко//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 70.
17. Шидловская, В. П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов. Справочник [Текст]/М.: Колос, 2004. — 68 с.
18. Крусъ, Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов [Текст]/Г. Н. Крусъ, А. М. Шалыгина, Э. В. Волокинина — М.: Колос, 2002. — 333 с.
19. Папова, Н. М. Разработка биотехнологии бифидоактивных кормовых добавок на основе молочного белково-углеводного сырья [Текст]/Дис. ... канд. техн. наук 05.18.07/Папова Нина Михайловна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2000. — 143 с.
20. Гетман, Ю. Г. Исследования микробиологических аспектов производства лактулозы и бифидогенных добавок [Текст]/Дис. ... канд. техн. наук 05.18.07/Гетман Юлия Геннадьевна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2008. — 56 с.
21. Кузнецова, О. В. Исследование микробиологических аспектов получения и переработки вторичного молочного сырья [Текст]/Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07/Кузнецова Ольга Викторовна — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 86 с.
22. СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».
23. Храмов, А. Г. Экспертиза вторичного молочного сырья и получаемых из него продуктов [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. — 130 с.
24. ГОСТ Р 51705.1–2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования».
25. Руководство по выполнению процедур, основанных на принципах ХАССП и содействию внедрению принципов ХАССП на определенных предприятиях пищевой промышленности (Адаптировано из документов Продовольственного кодекса Алинорм 03/13 А Приложение 11 и САС/RCP 1–1969 (Rev/3 1997)).
26. Петрова, М. Международная система НАССР и особенности национальной сертификации пищевых производств [Текст]/М. Петрова//Журнал «Снабжение и сбыт». Новосибирск. — 2008. — С. 21.
27. Сычева, О. В. Научно-практическое обоснование основных факторов, формирующих качество молока-сырья в современном производстве [Текст]/Дис. ... докт. с/х. наук 06.02.04/Сычева Ольга Владимировна. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2008. — 296 с.

28. Зайка, С.А. Системы управления качеством в молочной промышленности [Текст]/С.А. Зайка, А.С. Тарчинска//Молочная промышленность. — 2004. — № 6. — С. 21–22.
29. Фисенко, Д.М. Совершенствование технологии концентрата лактулозы с применением принципов ХАССП [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Фисенко Дмитрий Михайлович — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 106 с.
30. Клюкач, В.А. Концепция организации маркетинга пищевой промышленности [Текст]/В.А. Клюкач, В.Д. Гончаров. — Москва: АгроНИИТЭИММП, — 1994. — 231 с.

Глава 3

Маркетинг молочной сыворотки

3.1. Общие положения

Оценка молочной сыворотки с точки зрения маркетинга (производство), менеджмента (управления) и мерчандайзинга (продаж), а также ее технологический аудит, дизайн и сервис пока в системном виде не изучены и требуют специальной проработки.

Древние народы связывали использование молочной сыворотки с «добродетелью бережливости». Вот как это описывает Мария Семенова в романе «Волкодав»: «У них ничего не пропадало даром, в том числе сыворотка...». Как бесхозяйственность оценивалось ее использование на корм свиньям. А рачительностью справедливо считались выпечка оладий, блинов, нечерствеющего хлеба и приготовление хмельного напитка. А чем мы хуже?!

В данной главе сделана попытка систематизировать концептуальные положения маркетинга, экономическую составляющую и экологические аспекты целесообразности промышленной переработки и рационального использования молочной сыворотки как исходного сырья для получения желательных (определенных) продуктов. При этом, естественно, детальное освещение специфики этих положений по ассортиментным группам и отдельным продуктам приводятся при их описании в соответствующих разделах и главах.

3.2. Обоснование необходимости промышленной переработки и рационального использования молочной сыворотки

Необходимость промышленной переработки и рационального использования молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в логистической последовательности была сформулирована в рамках Концепции рыночной экономики [1] и затем адаптирована применительно к нанобиомембранным технологиям с учетом реалий кризисных явлений [2, 3]. Исключая повторы по приведенным выше материалам о составе и ценности молочной сыворотки (глава 1), а также конкретные технические решения (разделы III и IV), ниже излагается (с ремарками) данная Концепция и ее развитие в плане нанобиомембранных технологий.

Возможность промышленной переработки молочной сыворотки в настоящее время у профессионалов молочного дела всего мира и нашей страны не вызывает сомнений [4, 5, 6]. Задача состоит в том, как это с наименьшими затратами практически осуществить, независимо от системы экономических отношений, объемов производства и форм собственности.

Рациональное использование продуктов, получаемых из молочной сыворотки, является не менее актуальной и значимой проблемой, как и промышленная переработка. К сожалению, ей уделяется, в том числе переработчиками, потребителями и инвесторами, недостаточное внимание. Только поэтому многие инновационные прорывы, особенно по лактозе, ее производным и азотсодержащим соединениям белковой природы, все еще в портфеле разработчиков и ждут инвесторов для практической реализации.

Поставленные проблемы, как указывал академик Н. Н. Липатов в своем предвидении [7, 8] еще более 20 лет назад, остаются не только актуальными, но даже имеют явно выраженную тенденцию к расширению. Как показывает обобщение имеющегося в нашем распоряжении информационного файла данных и системный анализ практического опыта, решение проблем по переработке и использованию молочной сыворотки возможно, экономически выгодно и экологически необходимо. Концептуально оно должно быть адаптировано к рыночной ситуации, сложившейся в нашей стране, с учетом тенденций и прогнозом развития (модернизации) отрасли до 2020 года, для обеспечения **Продовольственной безопасности России** с брендом «умная экономика».

Интерес промышленности к проблеме полного и рационального использования молочной сыворотки можно проиллюстрировать работой в этом направлении (привожу только личные наблюдения): «Молочного комбината Ставропольский» (ген. директор, канд. техн. наук, заслуженный работник пищевой индустрии РФ, наш выпускник и мой дипломник С. В. Анисимов); Ипатовского ОАО «Сыродел» (ген. директор Н. Т. Вильгоцкий); «Южного сахара» (ген. директор Е. Н. Хворостина), «Кузбассконсервмолоко» (ген. директор В. А. Барсуков). Или, например, активная, целенаправленная работа С. Л. Люблинского (ВНИИФБП, г. Боровск, Калужской обл.) по производству батончиков «Хелпер» с использованием компонентов молочной сыворотки, которые решают на уровне регионов (г. Москва, Ставрополье) проблему профилактики анемии. Хотелось бы надеяться на внимание к работе на федеральном уровне, например, в рамках двух Национальных проектов – здоровье и АПК. Или проблема применения молочной сыворотки в хлебопечении – актуальна, интересна и достойна внимания на федеральном уровне, например, как Президентская программа.

Исследования по проблематике использования молочной сыворотки проводятся во многих НИИ, вузах и предпринятиях. Только один перечень статей в специальных выпусках журнала «Молочная промышленность», «Переработка молока» и газете «Все о молоке, сыре и мороженом» впечатляет. Зарубежные переработчики молочной сыворотки объединены на наци-

ональном и глобальном уровнях. Систематически проводятся международные конференции с тематикой только по молочной сыворотке. Это хороший пример для отечественных переработчиков и пользователей продукции из и на основе молочной сыворотки, например, в рамках Молочного союза России или другой организации на федеральном и региональном уровнях. С учетом моих личных приоритетов, исходя из имеющейся информации, хотелось бы обратить внимание на некоторые инновационные разработки прорывного характера:

- школа профессора К. К. Полянского (ВГТА, теперь ВГСХА) по широкому спектру проблем — напитки, сгущенные концентраты с детерминацией лактозы, мембранные методы, химия и физика лактозы, ГЖХ, молочный сахар, в т. ч. из замороженной сыворотки, молочная кислота; надеемся на продолжение и развитие, как это сделала в докт. дисс. Е. И. Мельникова;
- ВГМХА им. Н. В. Верещагина (проф. Гнездилова А. И., наследие проф. А. Н. Фиалкова в свете 100-летия со дня рождения — докт. дисс. Е. А. Фиалковой) — сгущение, кристаллизация, молочный сахар, калориметрия, в т. ч. элементы ХАССП;
- школа мэтра по сыроделию, профессора Л. А. Остроумова (КемТИПП) — проф. А. Ю. Просяков, А. М. Попов, С. Г. Козлов совместно с коллегами и моими родными алтайцами (профессора М. П. Щетинин, М. С. Уманский, А. А. Майоров) поставили и решили проблемы структурообразования, гранулирования, окатывания, желеобразования, пенообразования, получения сухой сыворотки (Н. П. Кустов), комбинированных продуктов и особенно напитков, в том числе с диетическими и лечебными свойствами, биотрансформации лактозы и белков;
- ВСГТУ (школа проф. И. С. Хамагаевой) сделала в области биотехнологической обработки прорыв, особенно по синтезу бифидогенных факторов, про- и синбиотиков; докт. дисс. М. Б. Данилова открыла мир ГОС;
- исследования профессоров Н. А. Тихомировой по ангиогенину (препарат «Милканг»), В. И. Ганиной по генетике пробиотиков и Н. И. Дунченко по структурированию в МГУПБ (школа академика И. А. Рогова) совершенно по новому освещают значимость молочной сыворотки в свете нано- и биотехнологий;
- исследования моих альма-матер — ОМГАУ (школа проф. Н. Б. Гаврилова с проф. П. А. Лисиним и проф. Л. В. Петровой) и СПГУНПТ (проф. Л. А. Забодалова) формируют новое направление по использованию молочной сыворотки на принципах структурирования и обогащения.

Отдельный пласт исследований в отраслевых НИИ Россельхозакадемии: ВНИМИ (академик В. Д. Харитонов с коллегами) — напитки, ЗЦМ, концентраты, новейшие методы; ВНИИМС (школа чл.-корр. РАСХН Ю. Я. Свириденко, канд. техн. наук Э. Ф. Кравченко с сотр.) — вся проблематика, в том числе и особенно молочный сахар, гидролизаты лактозы, сывороточные белки; Поволжский НИИПП (академик И. Ф. Горлов) — высокие технологии ПФП и БАД; НИИДП — детское и диетическое питание, продукты с лактулозой; бывший НИИКИМ — продукты Био-тон, Биобактон, Биолактон, сгущенная сыворотка (профессор П. Г. Нестеренко) и многое другое. Практический интерес представляет препарат СГОЛ (Р. М. и А. Р. Линд), наработки ЯрНИИКПП (докт. техн. наук Г. Б. Гаврилов), ЗАО «Фермент» (Н. В. Плисов) и многие другие. Радует активность наших коллег по поиску рациональных способов использования молочной сыворотки в аграрных университетах. В принципе видится Государственная программа, которая имела место быть в 70-х годах прошлого столетия.

Исследования нашего творческого коллектива СевКавГТУ (ректор, академик Б. М. Синельников), научного направления «Технология живых систем» и НИИ биотехнологии продуктов питания (директор, декан ФБПП, докт. техн. наук В. И. Шипулин) по тематике молочной сыворотки достаточно известны и опубликованы. Только подборка работ по теме «Лактозе и ее производные» из статей, опубликованных в научных трудах университета за 1998–2005 гг., насчитывает 192 наименования. В нашем портфеле инноваций по проблеме более 50 разработок, большинство из которых систематизировано в виде диссертационных

работ. Все они прошли апробацию в докторском Совете Д 212.245.05 при СевКавГТУ по технологии мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств; пищевой биотехнологии; машинам и аппаратам пищевых производств.

Возможность решения проблем переработки молочной сыворотки можно продемонстрировать на примере международной лаборатории и Представительства фирмы «Мега» (Чехия, президент фирмы Л. Новак). Проф. И. А. Евдокимов совместно с Д. Н. Володиным (директор ОАО «Мега-ПрофиЛайн») и сотр. проделали, при активной поддержке ректората СевКавГТУ, колоссальную работу. Уникальные установки по молекулярно-ситовой обработке сельскохозяйственного сырья (прежде всего молочной сыворотки) электродиализом, баромембранными методами, в т. ч. нанофильтрацией и обратным осмосом, представлены в распоряжение профессионалов и обучающихся. Результаты исследований и практической реализации этого творческого коллектива будут приведены по ходу изложения во всех разделах монографии. Они достойны отдельной публикации.

В перспективе, по-видимому, становятся актуальными вопросы использования сыворотки, получаемой при обработке восстановленного, соевого, овечьего, козьего, буйволиного молока и их смеси с натуральным коровьим. В условиях позитивных тенденций централизации переработки молочной сыворотки (опыт «Южного сахара» и Кемеровского МКК тому подтверждение, а в мире давно молочную сыворотку перевозят даже в танкерах) возникает проблема долгосрочного сохранения ее качества. Теоретическое обоснование этого процесса (не затрагивая консервирования) возможно за счет бактериальной санации молочной сыворотки перед охлаждением, аналогично разработкам нашего творческого коллектива (СевКавГТУ, ВНИМИ, СтавНИИПЧИ) по молоку-сырью, суть которой опубликована, апробирована и приведена в главе 5.

Исходя из изложенных выше некоторых положений, далее, в технологическом плане, сформулировано наше видение **концепции** по полному и рациональному использованию молочной сыворотки.

Глобальная цель концепции — промышленная переработка молочной сыворотки по законченному циклу и рациональное использование получаемых продуктов на принципах безотходной технологии.

Портфель инноваций концепции — опыт отрасли (НТД и практика), законченные НИР (НТД и рекомендации), опубликованные материалы, в том числе тематические подборки и настоящая монография (специальный раздел III).

Поле деятельности инноваций концепции — пищевые продукты, напитки, кормовые средства-добавки (не корм), мед- и ветпрепараты, технические цели (защита растений, строительство, полив, энергетика, пластмассы). Нужна активная, профессиональная информация. В кратком виде материалы систематизированы в разделе IV.

Суть концепции в стратегическом плане — **альтернативные варианты переработки и использования молочной сыворотки на принципах безотходной технологии**. Структура рыночной концепции «Молочная сыворотка» в технологическом аспекте показана на рис. 3.1.

Необходимо обратить внимание на то, что формирование рыночной концепции проводилось в технологическом аспекте, с учетом опыта зарубежных стран по продажам молока и никоим образом не подменяет проблематику маркетинга, менеджмента, мерчандайзинга и технологического аудита. Эти проблемы ждут своего решения профессионалами именно по молочной сыворотке и продуктам из нее по следующим двум основным направлениям.

1. Для производителей — молочной промышленности (переработка молочной сыворотки):
 - полное использование всех компонентов, в том числе биологически синтезированной воды (СВ);
 - получение (извлечение) отдельных или комбинированных компонентов (К);
 - получение (синтез) производных компонентов (П).

Подгруппы по направлениям включают:



Рис. 3.1. Структура рыночной концепции «молочная сыворотка»

- полное использование — напитки (приоритет), сгущенные и сухие концентраты в случае необходимости хранения, в т. ч. на межсезонный период;
- извлечение компонентов — молочный жир; сывороточные белки в т. ч. фракции — лактоферрин, ангиогенин, карнитин, таурин; лактоза; минеральные соли; БАВ; биологически активная вода;
- синтез производных (химический, биологический — микробный синтез и ферментативный катализ, биохимический, биотехнологический) на основе молочной сыворотки и ее компонентов (липолиз жира, протеолиз белков, конформация лактозы).

Ассортимент получаемых продуктов из (и на основе) молочной сыворотки превышает по экспертной оценке 10000 наименований и постоянно расширяется. Схема «дерева целей» по принципу «белого ящика» продуктов из молочной сыворотки приведена во вступлении к разделу III.

2. Для потребителей — пользователей продукции из молочной сыворотки — пищевые продукты, напитки безалкогольные и алкогольные, кормовые средства-добавки, мед- и вет-препараты, технические цели — имеется необозримое поле деятельности с массой альтернативных вариантов. Схема «дерева целей» использования молочной сыворотки приведена во вступлении к разделу IV.

Для каждого, кто интересуется молочной сывороткой, — производитель и потребитель, имеется возможность, в соответствии со схемой концепции рыночной экономики и «деревом целей» переработки и использования, выбрать алгоритм действий и реализовать его, применительно к возможностям производства (схема переработки) и рынкам сбыта (схема использования). Следует обратить внимание на востребованность получаемых продуктов, например сухой сыворотки (завозим даже из Аргентины), молочного сахара (всегда поставляли за рубеж), лактулозы и фракций сывороточных белков, на мировом рынке. Научное обеспечение любой инновации по переработке молочной сыворотки и использованию получаемой продукции полностью может быть обеспечено отечественными разработчиками.

В плане развития настоящей концепции к нанобиомембранным технологиям, с учетом постановочных вопросов к сельскохозяйственному сырью в целом [9] и адаптации к молоку [10], необходимо остановиться на ее конкретизации применительно к молочной сыворотке (подробно в [3]) в форме самостоятельной доктрины.

Парадигма концептуальной сущности доктрины заключается в том, что молочное сырье (обратите внимание — постоянно возобновляемые ресурсы), в том числе, естественно, молочная сыворотка и получаемые из них продукты, следует рассматривать как объекты нанотехнологии, а их составляющие на молекулярном уровне в качестве природой данной **кластеров** в виде простых (молекулы, атомы) или сложных (мицеллы, агрегаты, частицы) соединений. Эти положения, впервые сформулированные проф. Н. А. Тихомировой [11], а затем обстоятельно развитые в публикациях И. Т. Смыкова; И. А. Евдокимова, А. В. Серова и др. [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18], теперь уже не вызывают сомнительного отношения профессионалов и пренебрежения «классических» нанотехнологов. По А. Б. Чубайсу (РосНАНО) в этом суть «наности».

Исходя из смыслового понятия нанотехнологий (карлики), применительно к молочной сыворотке, ее объектами являются лактоза и минеральные соли (размер около 1 нм), а так же все другие компоненты — молочный жир, казеин и сывороточные белки на уровне молекулярных структур: глицеридов и жирных кислот; пептидов и аминокислот.

Принципиальную возможность реализации нанотехнологий молочного дела можно показать образованием ассоциатов мицелл казеина первого уровня, что сформулировано в докт. дисс. А. А. Храмцова [19] совместно с проф. В. В. Молочниковым (глава 14). Ярчайшим доказательством жизнеутверждения нанотехнологий молочного дела являются процессы синтеза производных лактозы [20]. Например, процесс гидролиза лактозы, когда из дисахарида лактозы (1 нм) получают две монозы — глюкозу и галактозу с размером на уровне 0,5 нм, всесторонне изученный школой чл.-корр. РАСХН Ю. Я. Свириденко (глава 13). При этом решается глобальная проблема — непереносимости молока. Это является прекрасным доказательством восприимчивости молочного дела, в том числе молочной сыворотки, к высокотехнологичным инновациям времени.

Биотехнология молочных продуктов ассоциируется с использованием чистых культур микроорганизмов в виде заквасок и сычужного фермента. Наша отрасль исторически использует достижения биотехнологии, иногда даже не замечая этого (например, сычужное свертывание или чистые культуры бакзаквасок).

Вся иерархия баромембранных процессов (мембранная технология) по разделению жидких высокомолекулярных полидисперсных систем может рассматриваться, как «разборка» молочной сыворотки на составляющие ее компоненты. Именно баромембранные технологии сегодня (а не в будущем) должны быть взяты на «вооружение» для обработки молочной сыворотки (глава 7).

Сформированные по разработкам академика В. Н. Голубева (Институт Человека РАН) положения биомембранной технологии, применительно к объекту настоящей монографии — молочной сыворотке, рассматриваются (глава 14) на примере бесказеиновой фазы по системным разработкам школы чл.-корр. РАСХН В. В. Молочникова.

Все приведенные выше положения подтверждают сложность поставленных в концепции проблем и возможность их решения на основе современных воззрений по геномике, протеомике и геной инженерии с практической реализацией в виде нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий. Следует отметить, что многие положения концепции в нашем молочном деле не только известны, но и реализованы на достаточно высоком научно-техническом уровне. Это относится, прежде всего, к биотехнологии, которая в классическом виде, наряду с хлебопечением и квашением, исторически сложилась и практически используется повсеместно — производство кисломолочных напитков, сыров, творога и др. продуктов. Достаточно широко апробирована мембранная технология, особенно в последнее время применительно к ультрафильтрации, электродиализу, нанофильтрации и обратному осмосу. Нам предстоит осмыслить сделанное и на уровне государственной политики заявить отраслевые интересы, как это делают наши коллеги в смежных отраслях — электронике, ядерной физике, химии и др. в рамках госкорпорации нанотехнологий (РосНАНО). Приоритеты совершенно ясны — получение продуктов питания, в соответствии с национальными проектами в области АПК и медицины для обеспечения продовольственной безопасности страны. Всегда питание и здоровье, особенно для «молочной пищи», были взаимосвязаны!

Глобальная цель доктрины — формирование государственной программы, проектов (грантов), бизнес-планов реализации принципов нанотехнологии по промышленной переработке молочной сыворотки, в продукты функционального питания нового поколения — про-, пре- и синбиотики (биопродукты) в условиях вступления нашей страны в ВТО, интеграции в ЕЭС, адаптации системы ХАССП и ТР в соответствии с ФЗ № 88, как составляющая модернизации отрасли.

Портфель инноваций доктрины может формироваться на основе результатов исследований и практического опыта заинтересованных и специализированных организаций. В нашей стране это, безусловно, Российская академия наук, в которой с легкой руки президента АН СССР М. В. Келдыша в институте элементоорганических соединений академика А. Н. Несмеянова делали даже искусственную икру, кстати, на основе термостатизированной казеина, а также открыли явление термодинамической несовместимости (проф. В. Б. Толстогузов с сотр.), на базе которого школой чл.-корр. РАСХН В. В. Молочникова была теоретически обоснована и практически показана уникальная технология функциональных молочных продуктов нового поколения «Био-тон». Она полностью соответствует концепции предлагаемой доктрины и уже давно просится в жизнь. Жаль, если вернется в родное отечество, как это бывало не раз, «в зарубежном сарафане»

Специальное отделение по продовольственной тематике (хранения и переработки) создано и функционирует в Российской академии сельскохозяйственных наук. Оно включает более 20 специализированных и хорошо известных в отрасли НИИ, в том числе, по тематике монографии — ВНИМИ, ВНИИМС, НИИДП, региональные в г. Краснодаре, Волгограде и др., и опирается на фундамент разработок земледелия и животноводства.

Реализация инноваций нанотехнологий продуктов из молочной сыворотки возможна на всех предприятиях пищевой индустрии, независимо от объемов производства и форм собственности, а также на малых предприятиях и фермерских хозяйствах. Экономический потенциал на примере молочного дела (производство питьевого молока; получение продуктов — масло, сыр, творог, консервы): синтез производных (жирные кислоты, гидролизаты казеина и сывороточных белков, лактоферрин, ангиогенин, карнитин, лактопероксидаза, лактулоза, лактосахароза, лактитол и др., всего более 100 наименований БАД и нутриентов, получение которых возможно только при реализации принципов нанотехнологий) соотносится как 1 : 5 : 100. Таким образом, каждый вложенный в инновации рубль может дать не менее 100 рублей прибыли, что практически доказано на примере внедрения нанотехнологии биокластера из вторичного молочного лактозосодержащего сырья — лактулозы. Можно со-

слаться на информацию проф. Н. А. Тихомировой [11] — реализация нанотехнологий позволяет получать с каждой тонны молока до 30 тыс. руб (цены 2005 г.).

Жизненный цикл доктрины в плане ее применения, как и производство продуктов питания — первой и главной составляющей бытия, по-видимому, бесконечен.

В качестве примера жизнеутверждения концепции и доктрины, в дополнение к материалам настоящей монографии по массе других инноваций, хотелось бы привести информационный доклад для симпозиума Международной молочной федерации (Россия, г. Москва, май, 2007) по одному из главных компонентов молочной сыворотки (70 % СВ) — лактозе и ее производным. Материал дается исключительно с целью привлечения внимания к основному компоненту сухого остатка молочной сыворотки — лактозе, которая достойна большего места и внимания в отрасли.

Лактоза (молочный сахар) присутствует в молоке всех видов млекопитающих. Первые сведения о лактозе известны с 1583 года и принадлежат по информации [21] алхимику А. Турнейссеру. Считается [22], что в 1615–1633 гг. итальянский монах Ф. Бертолеги получал сгущением молочной сыворотки «важнейшую соль молока». В 1694 году венецианский врач Л. Тести ввел в обиход употребление термина «молочный сахар». Известный химик К. Шелле (1780 г.) установил, что молочный сахар относится к углеводам, и внес его в этот ряд под названием лактоза (lactose). Долгое время считали, что лактоза находится только в молоке, однако в настоящее время этот дисахарид обнаружен в некоторых грибах и пыльце растений [23]. А недавно появилась информация о наличии лактозы в отдельных видах растительного мира, в частности, амаранте [24]. И конечно, следует отметить, что имеются неопровержимые данные о наличии углеводов (гликолевый альдегид), в просторах нашей Галактики, как один из важнейших факторов формирования жизни.

С генетической точки зрения, в соответствии с теорией адекватного питания и трофологии, лактозу следует рассматривать в качестве **сахара жизни**, как природой данную составляющую секрета (молока) млекопитающих и человека. Она, как и все углеводы, стоит в начале и конце возобновляемых потоков энергии и энтропии, проходящих через биосферу. Считается, что лактоза в цикле жизненного метаболизма выполняет в организме не только энергетические, но и пластические, иммунные и, возможно, другие, пока не выявленные, функции [25]. Например, основоположник медицины Авиценна отмечал, что «сахар молока» кормилицы формирует «тонкие» (н/в смутентные) оболочки головного мозга младенцев, а ее действие липотропно холину. Издавна был известен «сладкий порошок», который получали кочевники из сыворотки молока кобылиц. Он использовался в качестве «чудодейственного средства» для «подкармливания» детей, ослабленных и больных; придания «жизненной силы» и здоровья (иммунитета). По образному выражению выдающегося физиолога XX века, лауреата Нобелевской премии, академика И. П. Павлова, лактозу следует рассматривать в качестве одного из трех основных компонентов «изумительной пищи, приготовленной самой природой». Составляющие лактозу монозы также играют важную физиологическую роль в организме, особенно новорожденного: глюкоза обеспечивает синтез резервного углевода — гликогена (энергетического «сейфа» организма), а галактоза — ганглиозидов мозга.

Интолерантность лактозы у некоторых представителей человеческих рас на генетическом уровне пока не расшифрована. В обыденной практике, видимо, правомерно предупреждение Тило Шлейпа — «Осторожно: лактоза!» [26]. В то же время известно [27], что еще в 1860 г. в Европе действовало более 400 станций (санаториев), где лечили (пользовали) исключительно молочной сывороткой, т. е. фактически лактозой, и продуктами из винограда. Логичным представляется предложение о возможности замены в перспективе исчезающих природных минеральных вод возобновляемыми ресурсами лактозосодержащего сырья — молочной сывороткой и минерализатами. Детальное изложение данной проблематики содержится в главе 21 и монографиях:

- докт. мед. наук, проф. Х. И. Вайнштейна, который более 40 лет занимался лечением молочной сывороткой [28];
- Г. О. Коэн и М. М. Либертал, авторов книги, являющейся настоящим гимном лактулозе [29].

Следует обратить внимание, что лактоза и ее производные в той или иной степени являлись объектом (предметом) исследований выдающихся ученых, удостоенных высшей награды земной цивилизации — Нобелевской премии. В качестве примера ниже, эксклюзивно, приводится перечень лауреатов Нобелевской премии (по годам присуждения), работы которых в той или иной мере, по нашему мнению, имеют отношение к тематике настоящей монографии.

Э. Фишер (1902 г.) проводил работы по исследованию углеводов, в том числе и лактозы. Ему принадлежит блестящее решение проблемы синтеза природных сахаров и других соединений.

И. П. Павлов (1904 г.), изучая функции пищеварительных желез, установил, что самыми полезными и легкоусвояемыми для организма млекопитающих являются компоненты молочных продуктов. За все эти достоинства И. П. Павлов считал молоко и его составляющие, в т. ч., естественно, лактозу, изумительной пищей, приготовленной самой природой.

И. И. Мечников совместно с П. Эрлихом (1908 г.) исследовали вопросы иммунитета и здоровья. Прошло более 100 лет со дня выхода книги «Этюды оптимизма» («Продление жизни»), где И. И. Мечников рассматривает феномен лактотерапии — профилактики заболеваний и продления жизни благодаря употреблению кисломолочных продуктов, содержащих лактозу и молочнокислые бактерии.

А. Флеминг, Э. Б. Чейн, Х. У. Флори (1945 г.), открывшие пенициллин и его целебное воздействие при различных инфекционных заболеваниях, рассматривали лактозу как основной компонент питательных сред, используемых для синтеза антибиотиков.

Л. Полинг (1954 г.) занимался исследованием природы химической связи и ее применения для определения структуры соединений. Широко известны его работы по ортомолекулярной медицине, устранении лактозной интолерантности, а также разработке концепции биологически активных добавок.

Ф. Жакоб, Ж. Моно, А. Львов (1965 г.) разработали теорию генетического контроля деятельности ферментов на примере лактозного оперона (*lac*-оперона) бактерии *E. coli*.

Таким образом, несмотря на уже более чем четырехсотлетнюю историю изучения лактозы и ее производных, она до сих пор привлекает внимание ученых и практиков.

Биологический синтез лактозы в альвеоле самок млекопитающих является предметом исследований наших коллег — биологов и животноводов [23]. Совершенно определенно установлено, что здоровье и содержание лактозы лактирующей самки взаимосвязаны и могут служить в геномике определенным тестом «жизнеутверждения».

Химический синтез лактозы пока лежит в портфеле возможных инновационных прорывов XXI века и ждет своего исследователя [30]. Поэтому единственным источником «сахара жизни» может быть только молочное, лактозосодержащее сырье (ЛСС). Это достояние и в какой-то мере резерв молочного дела, которое человечеству еще предстоит оценить!

Состав, свойства, биоценоз лактозы и ее растворов достаточно хорошо изучен и опубликован в открытой печати [31, 32]. В последнее время определена конформация ее аномеров, сделаны расчеты торсионных углов и валентных связей для прогноза химической устойчивости в плане синтеза производных [33]. В то же время поле деятельности физиков, химиков, биологов и технологов в данной области бесконечно — от загадки соотношения аномерных форм, например, в коровьем и женском молоке, до аномалий растворимости, кристаллизации и информационной емкости.

Полиморфизм и в какой-то мере уникальность лактозы подтверждается молекулярной структурой этого природного углевода, приведенной в главе 1 на рис. 1.16. Методами кванто-

вой химии определены основные свойства оптимизированных геометрически молекулярных структур аномеров лактозы, которые приведены в табл. 3.1 [34, 35].

Таблица 3.1. Молекулярные свойства аномеров лактозы

Наименование	Теплота образования, ккал/моль	Дипольный момент, Дебай	Среднеквадратичный градиент, ккал/(Å·моль)
α-Лактоза	-522,462	1,277	0,099950
β-Лактоза	-523,046	1,711	0,070530

Следует обратить внимание, что теплота образования ΔH_{298} совпадает с известными данными, диполь показывает равномерность распределения электронной плотности, а RMS Gradient приближен к нулевому значению.

Место лактозы в ряде семейства углеводов можно показать хроматограммой их триметилсилильных (ТМС) производных (рис. 3.2) по И. А. Ильиной [36].

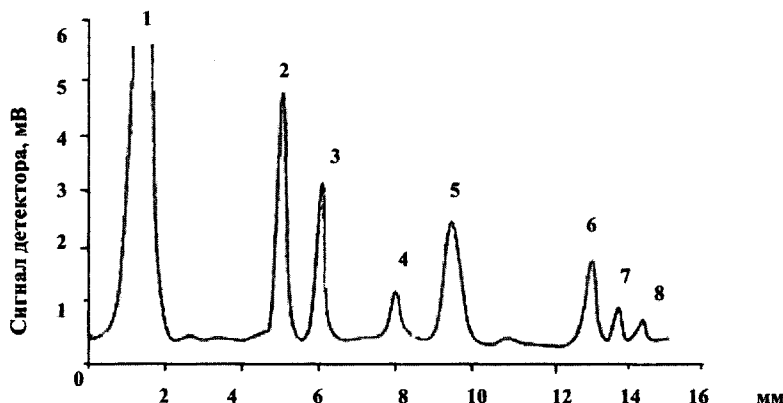


Рис. 3.2. Хроматограмма триметилсилильных производных углеводов:
1 — рамноза, 2 — арабиноза, 3 — ксилоза, 4 — манноза, 5 — глюкоза, 6 — галактоза, 7 — сахароза, 8 — лактоза

Ресурсы лактозы в производимом на нашей планете молоке (более 600 млн. тонн в год) составляют около 27 млн. тонн (сахароза на уровне 100 млн. тонн). В лактозосодержащем сырье (молочной сыворотке — более 150 млн. тонн в год) содержится примерно 5,0 млн. тонн лактозы — это потенциал сырья для производства молочного сахара.

Извлечение лактозы из лактозосодержащего сырья не является секретом (было закрыто в период организации производства антибиотиков) [37]. В мире освоено многотоннажное производство. Степень извлечения лактозы по данной схеме не превышает 70%. Интенсивная технология способом распылительной сушки, позволяющая довести степень извлечения лактозы из ЛСС до 90–95%, требует промышленного воплощения. Молекулярно-ситовая фильтрация и биотрансформация ждут своего исследователя, особенно в практическом плане (подробнее в главе 17). В портфеле инноваций перспективных технологий находятся лактозаты, исследованные в школе проф. Я. С. Зайковского (ОмСХИ, 40-е годы XX века) [38], затем в докторской диссертации М. С. Коваленко (ЛТИХП, 60-е годы XX века) [39]. Отдельная тема — полное и рациональное использование побочных (казеиновая пыль, подсырные сливки, сывороточные белки) и промежуточных (конденсат, меласса, «лепешка» с фильт-

пресса, минерализат) продуктов. Следует подчеркнуть, что организация получения лактозы на принципах безотходной технологии решает экологические проблемы законченного цикла промышленной обработки молочного сырья.

Производные лактозы всегда имели место быть в технологиях живых систем (ЖКТ) [40] и ферментированных (кисломолочных) продуктах — напитках, сыре, твороге, сметане [41]. Ренессанс получения производных — олигосахаридов, начался с середины XX века, особенно это относится к **лактоулозе**, на которой целесообразно остановиться отдельно.

В табл. 3.2 приведена систематизированная информация по возможным производным лактозы (П).

Таблица 3.2. Систематизация производных лактозы (П)

№	Наименование	Индекс
1	Глюкозо-галактозные сиропы	П-1
2	Галактоза	П-2
3	Тагатоза	П-3
4	Фукоза	П-4
5	Лактулоза	П-5
6	Лактитол	П-6
7	Лактосахароза	П-7
8	Галактоолигосахариды	П-8
9	Лактозил-мочевина (карбамид, уреид)	П-9
10	Лактозаты	П-10
11	Лактобионовая кислота	П-11
12	Молочная кислота	П-12
13	Лактаты (аммония, кальция и др.)	П-13
14	Лактид	П-14
15	Дульцид	П-15
16	Лимонная кислота	П-16
17	Этанол	П-17
18	Уксусная кислота	П-18
19	Глюконовая кислота	П-19
20	Слизевая кислота	П-20
21	Галактоновая кислота	П-21
22	Метан	П-22
23	Бактериоцины	П-23
24	Антиоксиданты	П-24
25	Антибиотики (низин А и др.)	П-25
26	Дрожжи, в т. ч. лизаты (кормовые, пищевые и медицинские)	П-26
27	Микробная масса, в т. ч. лизаты (кормовые, пищевые и медицинские)	П-27
28	Плесени	П-28
29	Эпилактоза (2, 3 и др.)	П-29
30	Нео-лактоза	П-30
31	Окта-нитрат лактозы	П-31
32	Лактозиды (арил-, бензил-, миристил-, холестерил-, дезоксикор-тикостерил, теофилин, теобромин, морфин и др., N-, S-, Se- и др.)	П-32

Окончание табл. 3.2

№	Наименование	Индекс
33	Фукозидолактоза (фукозиллактоза)	П-33
34	Лакто- <i>N</i> -тетраоза	П-34
35	Олигосахариды лактозы с сиаловой кислотой (антивирусы гриппа и холеры)	П-35
36	Дисиалилфукозил-лакто- <i>N</i> -гексаоза	П-36
37	Галактозиллактоза (метил-, пентабензоат-, и др.)	П-37
38	Селектины лактозы	П-38
39	Детерминаты лактозы для систем Льюиса А, В и О	П-39
40	Лактозаны (левоглюкозан и др.)	П-40
41	Дезоксилактоза (моно-, ди-, три-)	П-41
42	Тиолактоза	П-42
43	Аллолактоза	П-43
44	Тиолактозан	П-44
45	ПАВ на основе лактозы (жирсахара)	П-45
46	Витамины биоконверсией лактозы (группа В и др.)	П-46
47	Ферменты биоконверсией лактозы, в т. ч. бета-галактозидаза	П-47
48	Протеины биоконверсией лактозы дрожжами (кормовые и пищевые)	П-48
49	Липиды биоконверсией лактозы	П-49

Из производных лактозы в мире известны, как уже подчеркнуто выше, лактулоза и глюкозо-галактозный сироп. Лактитол, лактосахароза, галактоолигосахариды и еще некоторые производные пока малоизвестны даже профессионалам. Просятся в жизнь йод-, селен- и серосодержащие производные, заслуживает внимания синтез этанола и лактозилмочевины. Селектины лактозы — бактериоцины (биогенные элисторы), фукоза, тагатоza и лактобионовая кислота уже сегодня востребованы на мировом рынке. При этом считается, что экономический потенциал производных лактозы не только окупает затраты на их создание, но и компенсирует все издержки на исходное сырье. А некоторые, например, лактулоза необходимы страждущим.

Жизненный цикл **лактулозы** начался в середине XX века и имеет тенденцию к расширению. Создан международный орган по ее использованию — *ILAG*. На рис. 3.3 показаны молекулярные структуры лактулозы.

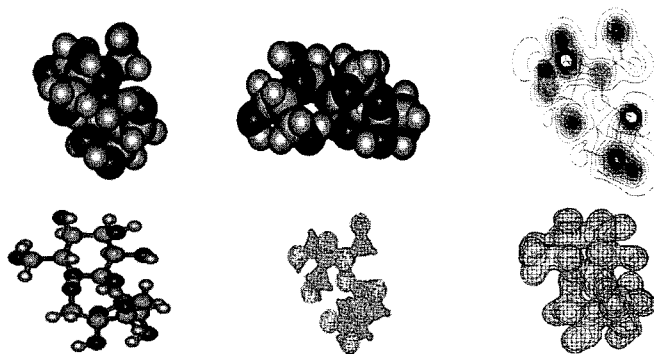


Рис. 3.3. Молекулярные структуры лактулозы

Аналогично аномерам лактозы методами квантовой механики определены основные свойства молекулярной структуры лактулозы в оптимизированном геометрически состоянии, которые приведены ниже:

– теплота образования, ккал/моль	478,626
– дипольный момент, Дебай	1,981
– среднеквадратичный градиент, ккал/(Å · моль)	0,004132

Приведенные данные и табл. 3.1 свидетельствуют о корректности геометрической оптимизации с минимизацией потенциальной энергии, сбалансированности энергетических свойств системы и возможности направленного воздействия на молекулы альдоз и кетоз.

Механизм реагентной и безреагентной трансформации лактозы (альдозы) в лактулозу (кетозу) подробно изучен — нанотехнология биокластеров на протонном уровне, оценен с точки зрения энергии активации по формуле Аррениуса и описан перцептронном множественности по методологии «нейронных сетей — искусственного интеллекта» (рис. 3.4) [33, 42, 43].

В виртуальных опытах достигнута степень изомеризации на уровне 95 %. В перспективе биотрансформация и направленное тепло-электро-физическое воздействие на молекулу молочного сахара, например, лучом лазера в растворах лактозы и молочном сыре.

Технологии получения лакто-лактулозы [44], высоких [42] и высокоэффективных [33] способов получения чистой лактулозы отработаны и масштабированы в отрасли. Творческий коллектив разработчиков (14 человек) удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники (2002 г.). В мире известны десятки оригинальных (ноу-хау) методов синтеза концентратов лактулозы в жидком и сухом видах — «Нормаза», «Дюфалак», «Лактусан», «Алкософт», «Лазет», «Лаэль» и другие. По аналогии построена и реализована технология получения кормовых добавок нового поколения с бифидус-фактором лактулозой бренда «БИКОДО», «Профилактик» и др.

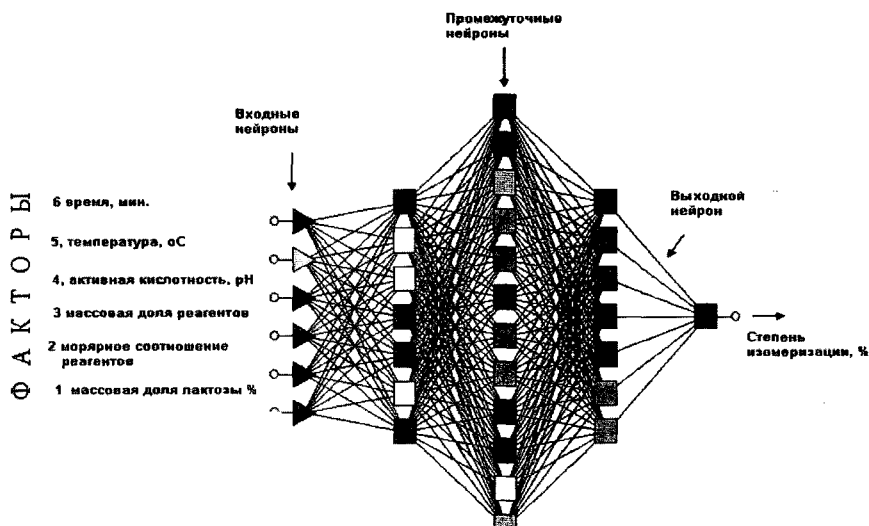
Проблемы и перспективы получения других производных лактозы, как это было указано выше, ждут своего решения в научном поиске и особенно на практике.

Оценивая место и роль лактозы и ее производных в биоценозе нашей планеты, можно системно отметить следующее. Использование получаемой лактозы (молочного сахара), в производимом ежегодно в мире молоке, может быть систематизировано по следующим семи направлениям.

1. Вскармливание новорожденных млекопитающих (детенышей).
2. Производство (получение) молочных продуктов.
3. Использование молочных продуктов в питании человека.
4. Производство кормовых средств для сельскохозяйственных животных и птицы.
5. Использование кормовых средств для сельскохозяйственных животных и птицы.
6. Производство и использование молочного сахара (лактозы).
7. Получение и использование производных молочного сахара (лактозы).

В принципе прямое отношение к молочной промышленности из семи направлений имеют три (2, 6, 7), непосредственно связано еще одно (4) и опосредовано остальные три (1 — заменители, 3 — торговля, 5 — подсобные животноводческие хозяйства). Следовательно, кадровое, научное и информационное обеспечение отрасли должны быть ориентированы на всю гамму возможных направлений получения лактозы из молочного сырья, что особенно важно в условиях глобализации мирового хозяйства, а для России — вступление в ВТО и интеграция в ЕЭС.

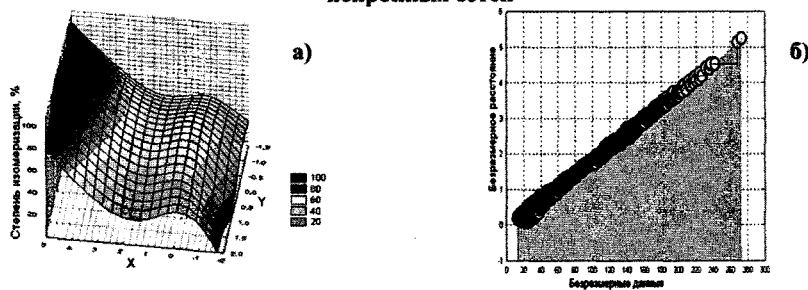
Использование лактозы и ее производных — отдельная, самостоятельная и достаточно объемная тема для исследователей и практиков различных отраслей. Визитная карточка лактозы и, следовательно, молочной отрасли, находится на полках практически любой аптеки — приготовление огромного количества лекарств. Перспективным является получение лактитола и лактосахарозы, как альтернативы «белой смерти» — сахарозе. Лактулоза может рассматриваться аналогично фильтрам сигарет в качестве «порога безопасности» алкоголя.



Персептрон множественности шкалирования лактозы в лактулозу



Превращение лактозы в лактулозу со срезом шкалирования по методологии нейронных сетей



Функции отклика (а), и диаграмма Shepard (б) процесса изомеризации лактозы в лактулозу

Рис. 3.4. Нанотехнология механизма трансформации биокластеров лактозы в лактулозу на протонном уровне

Биоинформационные таблетки на основе кристаллической решетки лактозы или лактулозы в принципе могут изменить наше представление о медпрепаратах, а биочип кристалла аномера лактозы может вместить всю библиотеку конгресса США. И, наконец, как возобновляемый побочный ресурс природного сырья, лактоза может рассматриваться в качестве альтернативы исчезающих энергоресурсов — для синтеза **биотоплива** (подробно глава 22).

В целом образно можно представить освещаемую тему о месте и роли лактозы в биоценозе нашей планеты в следующем алгоритме:

- **лактоза вокруг нас** в молочном лактозосодержащем сырье и молочных продуктах (1);
- **лактоза внутри нас** в виде углеводной части нашей диеты и метаболитов (2);
- **лактоза для нас** в виде молочного сахара и получаемых из него производных (3).

Последнее (3) являлось предметом научной тематики симпозиума Международной молочной федерации (ММФ) «Лактоза и ее производные», который состоялся в мае 2007 года (Россия, г. Москва). Первые две (1, 2) нашли отражение в материалах региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технология и питание», которая случайно по форме (времени) и содержанию проведена фактически одновременно с симпозиумом и была посвящена 100-летию выхода в свет монографии «Этюды оптимизма» нашего выдающегося соотечественника, лауреата Нобелевской премии И. И. Мечникова [45]. Подробная информация по данной тематике содержится в главе 4 и монографии «Лактоза и ее производные». Монография была выпущена к открытию симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» петербургским издательством «Профессия» при поддержке Молочного союза России (президент акад. В. Д. Харитонов, председатель Совета С. А. Пластинин, исп. директор, канд. с/х наук В. В. Лабинов) и председателя Совета директоров холдинга «МЕКРАМОЛ» А. Л. Коновалова. В монографии изложено российское видение проблематики на международном уровне.

Системная информация по лактозе и ее производным изложена также в серии статей [46, 47, 48, 49]. В связи с этим в настоящей монографии данные вопросы излагаются эксклюзивно — новации нанобиомембранных технологий последнего времени (главы 13 и 18).

В целом изложенный выше эвристический анализ концептуальных положений промышленной обработки и рационального использования молочной сыворотки, ее компонентов и их производных на конкретных примерах показывает феноменальность объекта монографии, необходимость экономической и экологической оценки с современных позиций.

3.3. Экономическая составляющая

Проблема получения прибыли от переработки молочной сыворотки становится основной в практических условиях реальных действительности. При этом следует учитывать фактор экологической составляющей (исключение загрязнения или охрана окружающей среды), а также социальные аспекты. Эта тематика имеет самостоятельное значение и в свое время была специально изучена [50].

В рыночных условиях, при реализации концепции промышленной переработки молочной сыворотки (10 т/сутки), можно считать, что ее слив удорожает основной продукт (списание на себестоимость) на 10 млн. руб./год и может привести к штрафам на уровне 1,0–1,5 млн. руб.; продажа цельной (питьевой) сыворотки может дать прибыль на уровне 6,0 млн. руб./год; переработка в сухой продукт — 15 млн. руб./год; извлечение компонентов (жир, белок, лактоза) — 30 млн. руб./год; получение производных (лактозы и белков) — 150 млн. руб./год. Альтернативный выбор за производителем и рынком. Для примера можно сослаться на феномен лактулозы, которая буквально «озолотила» производителей, а также скачок цен на лактозу

в преддверии симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» (Россия, Москва, 2007) и целенаправленного «пиара» по сухой деминерализованной молочной сыворотке в деловом мире молочной отрасли.

С. Л. Люблинский (канд. биол. наук, ген. директор НПФ «Мобитек-М» при одном из НИИ РАН) провел комплексную оценку состояния переработки молочной сыворотки в мире и России с медико-биологической и экономической точек зрения. В результате сформулированы перспективы создания промышленных технологий безотходной переработки молочной сыворотки в России. Суть этих предложений кратко, по материалам и публикации автора [51], изложена ниже. Кстати, во время личной встречи С. Л. Люблинский (как медик, специалист-биотехнолог) посчитал возможным упрекнуть профессионалов-молочников, занимающихся проблематикой молочной сыворотки, в недооценке объекта исследований, особенно белковых фракций (лактоферрин и др.).

В настоящее время в мире (преимущественно за рубежом) на основе комплексной переработки молочной сыворотки разработан и выпускается промышленностью большое количество продуктов энтерального питания с различным химическим и компонентным составом, энергетической, пищевой и биологической ценностью, направленной специализации и т. д., которые обеспечивают поддержание и реабилитацию пищевого статуса здоровых и больных людей. Так, например, в Голландии перерабатывается более 95 %, а в США более 75 % получаемой молочной сыворотки. Стоимость подобного производства оценивается в 5–10 млн. долларов США.

В России, несмотря на имеющиеся многочисленные разработки в этой области, комплексные и безотходные производства по переработке молочной сыворотки практически отсутствуют по трем основным причинам:

1. Отсутствие современных технологий и оборудования, позволяющих производить эффективную комплексную переработку природного сырья.
2. Отсутствие массового производства лечебно-профилактических и специализированных продуктов на основе различных биокомпонентов из-за недостаточной информации о преимуществах подобных продуктов энтерального питания.
3. Отсутствие исследований по определению пищевого статуса у здоровых и больных людей, что исключает возможность точного определения необходимых объемов производства специализированных смесей и продуктов питания на основе природных биокомпонентов.

Создание комплексных технологий переработки молочной сыворотки и их внедрение на отечественных молокоперерабатывающих предприятиях прежде всего сдерживается отсутствием конкурентноспособного высокопроизводительного мембранного оборудования в России, позволяющего перерабатывать не менее 100 тонн сыворотки в сутки. Следует подчеркнуть, что экономически очень выгодное получение высокоочищенных белковых компонентов (мировая потребность в одном из компонентов сыворотки — лактоферрине оценивается в \$5 млрд.) в принципе невозможно из-за полного отсутствия отечественных хроматографических сорбентов. Еще одним сдерживающим фактором является отсутствие в стране производителей высокоэффективных роторно-вакуумных испарителей, распылительных и сублимационных сушилок.

Таким образом, отсутствие вышеперечисленного отечественного оборудования, с одной стороны, и дороговизна зарубежных аналогов — с другой, не позволяют молокоперерабатывающим предприятиям организовать не только комплексную переработку молочной сыворотки (20–30 видов продукции), но даже получение обычной сухой молочной сыворотки.

Тем не менее, подобная комплексная переработка молочной сыворотки может быть широко внедрена в молочную промышленность России в ближайшем будущем по следующим основным причинам:

- наличие устойчивого спроса на сухую молочную сыворотку;
- существенная экономия средств, затрачиваемых предприятиями на выплату компенсаций за загрязнение окружающей среды при сбросе молочной сыворотки в сточные воды;
- возможность комплектации промышленных линий по переработке молочной сыворотки зарубежными керамическими или отечественными полимерными мембранами;
- появление на рынке отечественных производителей оборудования по комплектации подобных линий переработки молочной сыворотки, в том числе не имеющего аналогов в мире;
- получение существенной дополнительной прибыли предприятиями отрасли при переработке молочной сыворотки (табл. 3.3).

Таблица 3.3. Ориентировочная стоимость продуктов (с учетом НДС), произведенных по мембранной технологии (из расчета переработки 10 т сыворотки в сутки) в ценах 2004 г.

Компоненты	Количество, кг	Стоимость, руб./кг	Сумма, руб.
1. Молочная сыворотка	10000	0,24	2400
2. Казеиновая пыль	50	30	1500
3. Сывороточные белки	60	300	18000
4. Лактоза	200	50	10000
5. Лактулоза	200	500	100000
6. Жир	40	50	2000
7. Минеральные вещества	25	50	1250
Общая стоимость получаемых продуктов (Σ п. п. 2–6 минус п. 1) составляет 130350 руб.			

В результате проведенного анализа С. Л. Люблинский наметил пять направлений использования молочной сыворотки:

- лечебные цели;
- технические цели;
- кондитерское производство;
- медицинская промышленность;
- производство антибиотиков.

Реализация этих направлений позволяет организовать производство продуктов питания, кормовых средств, медицинских и косметических препаратов 11 направлений:

- хлебопекарные изделия;
- кондитерские изделия;
- детские и диетические продукты;
- напитки, десерты, мороженое;
- различные медицинские препараты;
- сгущенное и концентрированное молоко;
- кормовые добавки и производство ЗЦМ;
- лечебные и профилактические добавки для ветеринарии;
- закваски для силосования кормов;
- мясные и колбасные изделия;
- косметические изделия.

В настоящее время НПФ «Мобитек-М» специализируется на выпуске биологически активных пищевых добавок из природного сырья и пищевых продуктов с профилактическим

эффектом для ликвидации дефицита железа и белкового дефицита в организме человека. Организован выпуск продуктов питания массового спроса, обогащенных биологически активными добавками, микронутриентами и витаминами. Это хлебобулочные и макаронные изделия с йодказеином, ламинарией, тиреойодом, виолином, бета-каротином, премиксом; молочные и кисломолочные продукты с мультивитаминным премиксом, пробиотиками, топинамбуром, стевииозидом; колбасные изделия с мультивитаминными премиксами, гемоглобином. На предприятии производят белково-витаминно-минеральные концентраты по оригинальной технологии посредством культивирования кисломолочных пробиотических культур на молоке и молочной сыворотке.

В перспективе планируется организовать выпуск продукции, получаемой путем переработки молочной сыворотки: сывороточные белковые концентраты, изоляты и их гидролизаты; лактозу (в т. ч. фармакопейную) и ее производные (лактозу и лактин — безвредный заменитель сахара); белковые смеси для улучшения консистенции, органолептических и физико-химических свойств пищевых продуктов; лекарственные препараты и БАД к пище на основе глубокой переработки молока, обладающие иммунорегулирующим, антимутагенным, антиоксидантным и ранозаживляющим действием, таких как, лактоферрин, лактопероксидаза, ангиогенин, лизоцим и т. д. На их основе будет организовано производство препаратов и БАД к пище в форме таблеток, капсул, гранул, порошков, мазей, кремов и т. п. Также возможен выпуск препаратов и БАД на основе симбиотиков, пробиотиков (бифидо- и/или лактобактерий) и пребиотиков (лактолозы и инулина).

На изложенной выше методологической основе С.Л. Люблинским сформулировано проектное предложение по созданию промышленного производства продуктов питания функционального, лечебно-профилактического и специального назначения с брендом «В XXI век — без болезней!».

Следует обратить внимание, что в своей практической деятельности фирма «Мобитек-М» реализует предложенную нами концепцию нанобиомембранных технологий (глава 3.2.), в том числе по ассортименту продукции. А деловые предложения по мембранной технологии нашли воплощение в конкретике совместной разработки России и Чехии — «Мега-Профилайн». Газета «АиФ» нашла этим новациям оригинальное название — «Богатое молоко» [52].

В А. Барсуков (ген. директор ОАО «Кузбассконсервмолоко») — первопроходец по практическому осуществлению мембранной обработки и использованию деминерализованной молочной сыворотки в условиях крупнотоннажного, централизованного производства функциональных молочных продуктов нового поколения — пребиотиков, рассматривая инновационные технологии в плане обеспечения здоровья нации и эффективного производства, по сути дела, сформулировал три положения, реализация которых необходима с точки зрения маркетинга, менеджмента и мерчандайзинга [53]:

- монополизация сырьевой зоны молочной сыворотки в радиусе до 1000 км через фиксированные объемы и стабильные цены длительными договорами, комфортными условиями платежа и другими формами мотивации производителя этого вида сельскохозяйственного сырья;
- оптимизация территории продаж получаемой с молочной сывороткой продукции, например выкупом полки в ритейле, минимизацией цены на продукты, сервис, бонусы, ретро-бонусы и т. д.;
- технологическая монополия, как наиболее доходная в соответствии с законами экономики, предусматривающая не только освоение инновации, но и ее тиражирование на аналогичных (заинтересованных) предприятиях.

Последнее положение, обычно (видимо по советской традиции) не учитывается, а при попытке реализации вызывает даже удивление, является самым главным, а для молочной сыворотки определяющим, т. к. объективно пока не найдено эффективного решения проблематики. Следовательно, именно технологический прорыв в данной области науки и практики,

определил конкурентоспособность, жизненность направлений переработки и использования продуктов из молочной сыворотки.

Рассматривая переработку молочной сыворотки, как процесс извлечения отдельных компонентов (разборка), с точки зрения получения максимальной цены (для примера — реализация автомобиля в виде отдельных запчастей увеличивает его стоимость в два раза), сформулирована целевая функция:

$$\sum K_i Y_i \rightarrow \max,$$

где: K_i — удельный вес компонента; Y_i — цена компонента за единицу массы; i — компонент сухих веществ сыворотки (молочный жир, белки казеиновый (остатки) и альбуминовый, минеральные соли, лактоза), а также связанная биологическая вода.

Существующий бизнес сыроделия позволяет реализовать только 50 % сухих веществ исходного молока-сырья, в основном белка и жира, что не является оптимальным. Однако процесс отработан исторически, общепринят в мировом масштабе и не вызывает сомнений у профессионалов. Другая половина сухих веществ в виде подсырной сыворотки является, с точки зрения означенной в начале проблематики и бизнеса, самой интересной со всех позиций — экономика, питание, здоровье. Имеются наработки, решения и практика по использованию этой второй половины молока. Например, извлечение сывороточных белков ультрафильтрацией, получение молочного сахара (лактозы), модификация лактозы в производные (лактозу), рациональное использование биологически синтезированной минеральной воды (значение которой пока просто трудно переоценить). Реализация целевой функции с двойственной задачей — минимизация затрат и расширение производства с использованием математического программирования, позволяют в настоящее время (середина 2008 г.) «обрабатывать» 1 кг молока на уровне 47 руб. Далее автор [53] предлагает восемь этапов реализации Государственной программы по трем основным направлениям для обеспечения этой цифры, в которой по крайней мере половина принадлежит (исходя из сухого остатка) молочной сыворотке.

Следует отметить, что вышесказанное подтверждено запуском электродиализной установки для обработки 150 т молочной сыворотки в сутки, планируемым созданием системы централизованного сбора сгущенных нанофильтрацией концентратов и выпуском ассортимента ПФП (продуктов функционального питания) — пребиотиков с лактулозой. Подчеркнуто, что осуществление и масштабирование проекта невозможно без государственного участия.

Сравнительную экономическую оценку эффективности промышленной переработки молочной сыворотки существующими методами и биотехнологией, в рамках инновационного проекта, провела фирма ООО «Гелла-Фарма» (директор А. И. Григораш) [54–62]. В качестве базы принята существующая технология обработки молочной сыворотки с получением жира, белков и лактозы из 1 т на сумму 3681,2 руб. (50 % к основному производству). Реализация инновационного проекта бренда БАД «Флоровит-Э» (патент и «ноу-хау») — микробный синтез биомассы жидкофазным культивированием мицеллиальных грибов для обогащения пищевых продуктов и кормов, натуральной косметики и т. д. Стоимость продукции при этом возрастает до 6975,2 руб., т. е. почти в два раза. Приведенные затраты окупаются в течение года. Надеемся на реализацию проекта.

Ниже, для информации, приведена рентабельность отдельных продуктов из молочной сыворотки по расчетам проф. П. Г. Нестеренко [4] (табл. 3.4).

Таблица 3.4. Рентабельность отдельных продуктов из молочной сыворотки

Продукт	Рентабельность, %
Квас «Новый» из молочной сыворотки	20
Напиток из молочной сыворотки с томатным соком	23
Мороженое «Бодрость»	48
Мороженое «Холодок»	68
Альбуминовые сырки с изюмом	16
Альбуминовые сырки соленые	54
Сырная масса «Кавказ» (во флягах)	30
Сырная масса «Кавказ» (в пакетах по 250 г)	35
Белковая масса из сыворотки:	
производство в специализированных цехах	24
производство в цехах молочного сахара	31
Сыворотка сгущенная подсырная:	
с массовой долей сухих веществ 40 %	87
с массовой долей сухих веществ 60 %	52
Сыворотка сгущенная творожная:	
с массовой долей сухих веществ 40 %	38
с массовой долей сухих веществ 60 %	21
Сыворотка молочная сгущенная сброженная (БУК)	67
Сухая подсырная сыворотка:	
вальцовый (пленочной) сушки	103
распылительной сушки	69
Сухая творожная сыворотка	56
Масло из сливок творожной сыворотки:	
подсырное	12
топленое	10
Масло из сливок подсырной сыворотки:	
подсырное	55
топленое	41
Сладкосливочное	59
Сахар-кристаллизат	130
Сахар-сырец:	
из творожной сыворотки	8
из подсырной сыворотки	78
с деминерализацией подсырной сыворотки	110
Молочный сахар:	
пищевой	97
рафинированный	85
фармакопейный	80
Лакто-лактоза	92
ЗЦМ	23
ЗЦМ-2	31
Био-ЗЦМ	37
ЖСК	29
ССК	42
Бактериальная закваска для силосования кормов	34

Анализ опыта передовых предприятий отрасли показывает, что в зависимости от объемов и ассортимента продукции, вырабатываемой из молочной сыворотки, дополнительная прибыль составляет 15–35 % прибыли, получаемой от основного производства [63]. Возможный уровень — 50 %.

Таким образом, с учетом экологической составляющей, переработка молочной сыворотки в любые продукты верна, экономически выгодна и социально справедлива. Она является ярким примером модернизации молочного дела с возможностью реализации инноваций нанобиомембранных технологий.

3.4. Экологические аспекты

Экологическую опасность молочной сыворотки, в плане загрязнения окружающей среды, можно проиллюстрировать. Биохимическая потребность кислорода (БПК) для окисления органического содержимого в одном литре молочной сыворотки составляет примерно 60 000 мг O_2 , а хозяйственно-бытовых сточных вод соответственно 300, т. е. в 200 раз больше. На бытовом уровне известно, что водоемы (даже проточные), куда систематически сбрасывается молочная сыворотка, «омертвляются» с распространением нетерпимого запаха. Закрытые биоводоемы (аэротенки) просто выходят из строя — активный ил всплывает на поверхность. Подсчитано, что завод по переработке молока на сыр производительностью 25 т/сутки, в случае слива получаемых объемов обезжиренной подсырной сыворотки, требует очистных сооружений, равноценных городу с населением 40 тыс. человек.

Именно поэтому во всем мире молочные предприятия, уважающие свой статус (в плане защиты окружающей среды), имеют цеха (производства) по утилизации получаемой молочной сыворотки путем ее переработки в самые различные продукты от напитков, сгущенных и сухих концентратов, до производных типа лактулозы и даже экзотических — биотопливо. К тому же эти продукты приносят заметную прибыль и пополняют ресурсы пищевого, кормового и технического назначения с перспективой получения ПД, БАД, мед- и ветпрепаратов. Первым, и, пожалуй, главным, условием запрета слива молочной сыворотки является исключение ее из перечня отходов молочного предприятия [64] с переводом в разряд как минимум вторичного (побочного, нежирного), а еще лучше (и правильнее) основного сырья.

Особую актуальность эта проблема приобретает в преддверии вступления нашей страны в ВТО. По информации к. б. н., ведущего аудитора-эколога, члена палаты экоаудиторов г. Москвы М. В. Терешинной (КубГУ, кафедра государственного управления) нам предстоит осмыслить и реализовать более 200 международных экологических соглашений (стандартов) с особым вниманием к «зеленым» статьям в сфере производства и торговли — экополитики ВТО.

Проведенный ВНИИМС мониторинг показал, что сыродельный завод средней мощности сбрасывает в очистные сооружения до 140 тыс. m^3 сточных вод в год [63]. Оплата услуг по их очистке на существующем уровне превышает один млн. руб. Кроме того, следует учитывать специфику молочной сыворотки как объекта для обеззараживания (брожение лактозы с подкислением), что может привести к аварийным ситуациям на очистных сооружениях (примеры были).

Поэтому нет необходимости рассматривать системы для инактивации молочной сыворотки в очистных сооружениях, а в законодательном порядке запретить (исключить) ее слив от любого молочного производства, где оно имеет место быть. Безусловно, нужна государственная программа и поддержка для реализации инноваций с девизом «Отходов нет — имеются только неиспользованные резервы».

3.5. Резюме по главе 3

В целом маркетинговая политика в области молочной сыворотки, с экономической составляющей и экологическими аспектами, сводится к обязательной организации промышленной переработки и рациональному использованию получаемых продуктов для достижения максимальной прибыли, которая по примерным расчетам должна находиться на уровне половины получаемого дохода от переработки молока-сырья. Просятся в жизнь «идеи молочного рынка» бизнес-консультанта Виктора Тамберга [65] по ликвидации «болота» в ассортименте продуктов из молочной сыворотки.

Реализация современных технологических решений по комплексной переработке имеющихся ресурсов молочной сыворотки, извлечению отдельных компонентов и синтез на их основе производных (разборка — модификация) с последующей оптимизацией рецептур ПФП (сборка с обогащением) нового поколения, позволяет осуществить целевую функцию активного маркетинга для получения максимальной прибыли.

3.6. Литература к главе 3

1. Кравченко, Э. Ф. Экологические и экономические аспекты переработки молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко//Молочная промышленность. — 2006. — № 6.
2. Храмцов, А. Г. Адаптация доктрины нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий продуктов функционального питания нового поколения к промышленной переработке молочной сыворотки в условиях кризисных явлений отрасли [Текст]/А. Г. Храмцов//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — С. 8–10.
3. Храмцов, А. Г. Адаптация доктрины нанобиомембранных технологий на основе кластеров молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 34–37.
4. Храмцов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко. — М.: Дели принт, 2004. — 578 с.
5. de Wit, J. N. *Lehrbuch der Molke und Molkenzeugnisse* [Text]/J. N. de Wit. — Brüssel: European Whey Products Association. — 2001.
6. Zadow, J. G. (1984). *Lactose: Properties and uses*. *J. Dairy Sci.*, 67, 2654–79.
7. Сенкевич, Т. Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе [Текст]/Т. Сенкевич, К. Х. Ридель//Пер. с нем. под ред. Липатова Н. Н. — М.: Агропромиздат. — 1989. — 270 с.
8. Применение лактулозы в молочных продуктах//Российская лактулоза — XXI век. — М.: Изд-во МИИТ, 2000. — С. 97–101.
9. Храмцов, А. Г. Концепция нано-, био-, мембранных технологий продуктов функционального питания нового поколения и возможности ее реализации в рамках научного направления «Живые системы» [Текст]/А. Г. Храмцов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2008. — № 2 (15). — С. 87–95.
10. Храмцов, А. Г. Доктрина инновационных технологий молочных продуктов — возможности реализации [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2008. — № 4.
11. Тихомирова, Н. А. Нанотехнология и биотехнология продуктов функционального питания на молочной основе [Текст]/Н. А. Тихомирова//Молочная промышленность. — 2005. — № 5. — С. 74–75.
12. Смыков, И. Т. Нанотехнологии в производстве молочных продуктов [Текст]/И. Т. Смыков//Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 42.
13. Смыков, И. Т. Использование нанотехнологий в переработке молока [Текст]/И. Т. Смыков//Переработка молока. — 2008. — № 11.
14. Смыков, И. Т. Нанотехнологии в стакане молока [Текст]/И. Т. Смыков//Наука и жизнь. — 2009. — № 6. — С. 18–22.
15. Перспективные нано- и биотехнологии в производстве продуктов функционального назначения [Текст]//Международная научно-практическая конференция. — Краснодар, 2007. — 268 с.
16. Евдокимов, И. А. Нанобиотехнология получения тагатазы [Текст]/И. А. Евдокимов, И. Н. Никишина, А. В. Серов//Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 40–41.
17. Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности [Текст]/Под ред. И. А. Евдокимова (коллективная монография по материалам международной научно-практической конференции). — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — 84 с.
18. Серов, А. В. Химия и физика лактозы и ее производных [Текст]/Серов А. В. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. — 116 с.
19. Храмцов, А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмцов Андрей Андреевич. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
20. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов и др. — СПб.: Профессия, 2007. — 768 с.
21. Горбатова, К. К. Химия и физика молока: Учебник для вузов [Текст]/К. К. Горбатова. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 288 с.
22. Bhatt, R. S. *The Chemistry of Cellobiose and Lactose. Part 7. Selective Benzoylation of Methyl β -Lactoside* [Text]/R. S. Bhatt, L. Hough, A. C. Richardson//*Journal of the Chemical Society. Perkin Transaction 1. Organic and Bio-organic Chemistry*, (1977). V. 18. P. 2001–2005.
23. Данилова, Л. Ф. Углеводы молока [Текст]/Л. Ф. Данилова. — Л.: МСХ СССР, 1979. — 40 с.

24. Зобкова, З. С. Принципы технологии экстрагирования функциональных ингридиснтов амаранта, используемых при производстве кисломолочных продуктов [Текст]/З. С. Зобкова, С. А. Шербакова//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технология и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 377.
25. Давидов, Р. Б. Молоко и молочные продукты в питании человека [Текст]/Р. Б. Давидов, В. П. Соколовский. — М.: Медицина, 1968. — 236 с.
26. Шлейп, Т. Осторожно: Лактоза! Когда молочный сахар не совместим со здоровьем: Пер. с нем. [Текст]/Т. Шлейп. — СПб.: ИГ «Весь», 2004. — 96 с.
27. Храмцов, А. Г. Рациональное использование молочного сырья на принципах безотходной технологии [Текст]/А. Г. Храмцов, Нестеренко П. Г. //Изв. вузов. Пищевая технология. 1992. — № 1. — С. 5–10.
28. Вайнштейн Х. И. Молочная сыворотка, ее свойства и лечебное применение [Текст]/Х. И. Вайнштейн. — Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1973. — 132 с.
29. Конн, Г. О. Синдромы печеночной комы и лактулоза. Пер. с англ. [Текст]/Г. О. Конн, М. М. Либертал. — М.: Медицина, 1983. — 600 с.
30. Берман, С. Л. Углеводы молока [Текст]/С. Л. Берман//Труды ВМИ. — Вологда, 1963. — Т. 48. — С. 25–47.
31. Полянский, К. К. Кристаллизация лактозы: физико-химические основы [Текст]/К. К. Полянский, А. Г. Шестов. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. — 184 с.
32. Храмцов, А. Г. Молочный сахар [Текст]/А. Г. Храмцов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 224 с.
33. Серов, А. В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы [Текст]/Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Серов Александр Владимирович. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2004.
34. Шлыков, С. Н. Моделирование структур молекул лактозы и ее производных [Текст]/С. Н. Шлыков, А. В. Серов, В. В. Садовой, А. Г. Храмцов//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технология и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 200.
35. Шлыков, С. Н. Расчет электронных и колебательных спектров лактулозы [Текст]/С. Н. Шлыков, В. В. Садовой, А. В. Серов//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технология и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 200.
36. Ильина, И. А. Научные основы технологии модифицированных нектипов [Текст]/И. А. Ильина. — Краснодар, 2001. — 312 с.
37. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Евдокимов Иван Алексеевич. — Ставрополь, 1997. — 399 с.
38. Зайковский, Я. С. Химия и физика молока и молочных продуктов [Текст]/Я. С. Зайковский. — М.: Пищепромиздат, 1950. — 367 с.
39. Коваленко, М. С. Научно-технические основы технологических процессов получения альфа- и бета-форм молочного сахара из сыворотки. [Текст]/Автореф. д-ра техн. наук. — Л, 1954. — 52 с.
40. Уголев, А. М. Естественные технологии биологических систем [Текст]/А. М. Уголев//Л.: Наука, 1987. — 317 с.
41. Рогов, И. А. Синбиотики в технологии продуктов питания [Текст]/И. А. Рогов, Е. И. Титов., В. И. Ганина и др. — М.: МГУПБ, 2006. — 218 с.
42. Рябцева С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]/Дис.... д. техн. наук: 05.18.04/Рябцева Светлана Андреева. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2001. — 362 с.
43. Садовой В. В. Совершенствование технологических процессов и оптимизация рецептурных композиций в пищевой промышленности: Монография [Текст]/В. В. Садовой. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2004. — 174 с.
44. Матвиевский, В. Я. Исследование процесса получения сиропа лакто-лактатулозы для продуктов детского питания [Текст]/Дис.... канд. техн. наук: 05.18.04/Матвиевский В. Я. — Углич, 1979. — 252 с.
45. Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и её производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007–402 с.
46. Храмцов, А. Г. Феномен лактозы и ее производных [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность — 2005. — № 4. — С. 48–50.
47. Храмцов, А. Г. Системология продуктов из лактозы и ее производных [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2005. — № 10. — С. 58–59.
48. Храмцов, А. Г. Современные представления о значимости лактозы и ее производных [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность, 2007. — № 2. — С. 52–53.
49. Храмцов, А. Г. Проблемы и перспективы инновационных приоритетов по лактозе и ее производным [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2007. — № 4. — С. 66–69.

50. Данченков, М. Б. Повышение экономической эффективности производства сыров [Текст]/М. Б. Данченков, А. Г. Тарада — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 261 с.
51. Люблинский, С. Л. Перспективы комплексной переработки молочной сыворотки в России [Текст]/С. Л. Люблинский//Переработка молока, 2002 № 2, — С. 26.
52. Молочное Богатство [Текст]/газета «Аргументы и Факты» № 43 (1408) от 24.10.2007.
53. Барсуков, В. А. Инновационные технологии: здоровье нации и эффективное производство [Текст]/В. А. Барсуков//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 64–65.
54. Григораш, А. И. БАД «Флоравит-Э» на основе экстрактов гриба *Fusarium sambucinum* — эффективный иммуномодулятор и адаптоген [Текст]/А. И. Григораш, Л. В. Погорельская, Н. А. Бредихина и др. (ООО «Гелла-Фарма», ФГУ поликлиника № 1 МЦ УДП РФ, РМАПО МЗ РФ, МЦ «Помоги себе сам»//Материалы IV Всероссийского конгресса микологов, М.: 2006.
55. Григораш, А. И. «Флоравит-Э» — перспективы использования как регулятора репродуктивной функции человека и адаптоген [Текст]/А. И. Григораш, Н. Н. Лоенко, М. Ю. Зайкина, И. В. Буякова (ООО «Гелла-Фарма», ФГУ поликлиника № 1 МЦ УДП РФ)//Материалы V Всероссийского конгресса микологов, М.: 2007.
56. Погорельская, Л. В. БАД «Флоравит-Э» в коррекции дисбактериозов кишечника [Текст]/Л. В. Погорельская//Российский рынок БАД. — 2001.
57. Погорельская, Л. В. БАД «Флоравит-Э» в коррекции и профилактике нарушений микробиоценоза кишечника [Текст]/Л. В. Погорельская//Материалы 2-го Всероссийского форума «III тысячелетие. Пути к здоровью нации». — М.: 2002.
58. Бредихина, Н. А. Место «Флоравит-Э» в лечении и профилактике некоторых болезней органов пищеварения [Текст]/Н. А. Бредихина//Материалы 2-го Всероссийского форума «III тысячелетие. Пути к здоровью нации». — М.: 2002.
59. Турьянов, М. Х. Перспектива применения БАД «Флоравит-Э» при хроническом вирусном гепатите [Текст]/М. Х. Турьянов, Л. В. Погорельская//Материалы 2-го Всероссийского форума «III тысячелетие. Пути к здоровью нации». — М.: 2002.
60. Погорельская, Л. В. Влияние БАД «Флоравит-Э» на некоторые показатели иммунитета у больных с хроническими вирусными инфекциями [Текст]/Л. В. Погорельская//Материалы 2-го Всероссийского форума «III тысячелетие. Пути к здоровью нации». — М.: 2002.
61. Сушкова, Л. В. Применение БАД «Флоравит-Э» в акушерско-гинекологической практике [Текст]/Л. В. Сушкова//Материалы 2-го Всероссийского форума «III тысячелетие. Пути к здоровью нации». — М.: 2002.
62. Лоенко, Н. Н. Использование в рационах поросят и соболей БАД «Флоравит-Э» на основе гриба *Fusarium sambucinum* в качестве кормовой добавки [Текст]/Н. Н. Лоенко, А. В. Пучков, И. Е. Чернова (ГНУ НИИ ПЗК им. В. А. Афанасьева). — М., 2007.
63. Свириденко, Ю. Я. Экологические и экономические аспекты переработки молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко, Э. Ф. Кравченко, О. А. Яковлева//Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 5. — С. 40–41.
64. Бутовский, М. Э. Отходы молочного завода и их утилизация [Текст]/М. Э. Бутовский//Молочная промышленность. — 2009. — № 6.
65. Тамберг, В. Идеи молочного рынка. [Текст]/В. Тамберг//Молочная река №2- 3 (34 - 35), 2009. — С. 16–19.

Глава 4

Жизненный цикл молочной сыворотки

4.1. Общие положения

В соответствии с современными воззрениями [1, 2, 3, 4] жизненный цикл молочной сыворотки и получаемых из/на ее основе продуктов может быть представлен в виде «гребешковых» линий (рис. 4.1) с постоянной тенденцией развития (в противовес типовой кривой со стадией спада), что совпадает с фактом производства БЖП. И в этом феномен молочной сыворотки — постоянно возобновляемого сельскохозяйственного сырья.

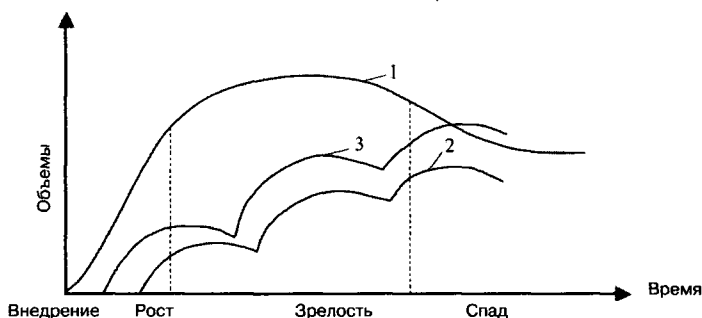


Рис. 4.1. Жизненные циклы: 1 — типовой; 2 — молочной сыворотки; 3 — продуктов из молочной сыворотки

Рассмотрение жизненного цикла включает краткий исторический экскурс, информационный файл, оценку состояния на фоне молочного дела в мире (федеральный и региональный уровни), проблемы и перспективы.

4.2. Исторический экскурс по переработке и использованию молочной сыворотки

Системные изыскания по данному вопросу были проведены совместно с проф. П. Г. Нестеренко, И. А. Евдокимовым и опубликованы в специальном выпуске журнала «Молочная промышленность» [5]. Анализируя имеющуюся информацию, можно обозначить несколько исторических этапов совершенствования процессов переработки и использования молочной сыворотки.

Считается, что человек знал способы получения белково-жировых продуктов из молока коров, овец и коз 6,5–5 тысячелетий до н. э. В Средние века, производство сыра и творога увеличилось, соответственно возросли объемы получаемой сыворотки. Сыворотка использовалась в основном в пищу в натуральном виде, в тесто при выпечке хлебных изделий, оставшаяся часть скармливалась домашним животным. Известно использование молочной сыворотки в лечебных целях, для диетического питания больных, страдающих ожирением.

Во второй половине XIX в. — первой половине XX в. начали появляться отдельные сыроварни и молочные заводы (в городах). Производство сыра и творога все больше концентрировалось на этих предприятиях. Началось производство казеина, появилась казеиновая сыворотка. Объемы получаемой молочной сыворотки значительно возросли. Возникла проблема ее использования. К прежним направлениям использования сыворотки в натуральном виде добавилась ее переработка на молочный сахар, молочную кислоту, лактаты кальция и др. продукты. Было организовано производство напитков и сгущенных концентратов. Сыворотку продолжали использовать в хлебопечении, в диетическом питании, а также для лечения. Вместе с тем при ее неорганизованном сбросе в сточные воды появились признаки отрицательного влияния молочной сыворотки на окружающую среду.

В годы Первой мировой и Гражданской войн животноводству и перерабатывающей молочной промышленности нашей страны был нанесен значительный ущерб, производство молочных продуктов сократилось. Затем в 1930-е годы аппаратно-процессовое состояние предприятий молочной промышленности несколько улучшилось, но революционных изменений не произошло. Так называемое «вторичное молочное сырье» (обезжиренное молоко, молочная сыворотка, пахта) для переработки на пищевые цели использовалось незначительно, в какой-то мере отдавалось на корм скоту, а в большей степени терялось. Был провозглашен лозунг «Отходов нет — есть неиспользованные резервы!» Уже в 1936 г. из 50 действующих городских молочных заводов 33 были оснащены новыми линиями розлива молока, флягомоющими машинами, пастеризаторами. Проектировались и строились новые молочные заводы в ряде крупных городов страны. По опубликованным данным в 1939 г. в отрасли получено в качестве отхода 1500 тыс. т сыворотки, которую использовали в лучшем случае на корм скоту, а сотни тысяч тонн были слиты в канализацию. Использовалось только 2 тыс. т сыворотки на выработку 73 т молочного сахара. На основе молочной сыворотки в 1940 г. освоено в небольших объемах производство молочного шампанского (Смоленский сыртрест), молочного кваса без сахара (Саратовский сыртрест). К продуктам, производство которых рекомендовано расширять и заново организовать, в первую очередь относились молочный сахар, молочная кислота, а также сухая сыворотка. Поэтому ставилась задача — начиная с 1941 г. освоить и наладить производство сухой сыворотки, в первую очередь на заводах Главсырпрома. По постановлению Совнаркома в Белоруссии (г. Слуцк) создавалось производство из молочной сыворотки этилового спирта.

Вторая мировая (для нас Великая Отечественная) война нанесла серьезный урон хозяйству страны, в том числе и предприятиям молочной промышленности. Отрасль внесла свой вклад в победу над фашизмом. Достаточно упомянуть ацидофильную пасту «Виктория» (По-

беда), молочный сахар для антибиотиков. А в 1942 г. под руководством заместителя начальника — главного инженера Главмаслосырпрома, лауреата Сталинской премии за технологию изготовления сыра «Советский», Д. А. Граникова разработаны практические рекомендации и проведен семинар (г. Бийск, Алтайского края) по производству из молочной сыворотки ряда пищевых продуктов:

- сгущенной молочной сыворотки (в аппарате-концентраторе системы Фиалкова, работающего на паре; а также в открытых котлах с непосредственной топкой);
- лактона (сорта экстра, высший и первый) — на основе сгущенной сыворотки, сахара, крахмала, ванилина;
- заменителя меда (сорта экстра, высший и первый) — на основе сгущенной сыворотки, меда и крахмала;
- помадки на мелассе или крахмальной патоке (сорта экстра, высший и первый);
- ириса, на основе сгущенной сыворотки, патоки, крахмала, сахара и какао;
- альбуминного молока из сыворотки (как сладкой, так и кислой);
- столового молочного уксуса из сыворотки.

В послевоенные годы наряду с восстановлением технической базы молочной промышленности продолжались научные и практические работы по наиболее полному и рациональному использованию молочного сырья. В большей степени это относится к молочной сыворотке. В тот период производство сыров, творога и казеина возросло в несколько раз и сосредоточилось на крупных специализированных заводах. Соответственно возросли и сконцентрировались объемы получаемой молочной сыворотки. В табл. 4.1, для примера приведены данные о ресурсах и использовании молочной сыворотки в СССР.

Таблица 4.1. Использование ресурсов молочной сыворотки в СССР в период с 1975 по 1990 гг.

Показатель	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.
Объем получаемой молочной сыворотки, млн. т	8,1	10,3	12,6	13,2	13,4	13,8	13,9	13,6
Использование на переработку, млн. т,	1,1	3,2	6,5	6,8	6,7	6,7	6,3	5,9
в том числе на пищевые цели, млн. т	1,1	1,6	3,3	3,5	3,5	3,5	3,5	2,6

Следует обратить внимание, что уже в 80-х годах XX столетия общий объем молочной сыворотки превысил 10 млн. т/год. Появилась необходимость и возможность по более глубокой переработке значительных объемов молочной сыворотки в пищевые продукты и кормовые средства.

Во всем мире проведено большое количество научно-исследовательских и конструкторских работ по разработке и совершенствованию технологических процессов, созданию необходимого оборудования и специализированных производств по переработке молочной сыворотки. Научно-информационное обеспечение решения вопросов промышленной переработки молочной сыворотки осуществлял известный специалист молочного дела, профессор ЛТИХП М. С. Коваленко [6, 7]. Как указано ранее, академик Н. Н. Липатов считал, что переработка и использование молочной сыворотки — одна из самых актуальных проблем молочной промышленности.

Полное использование молочной сыворотки, например, при производстве молочного сахара позволяет реализовать законченный технологический цикл промышленной переработки молока. В перспективе видится замкнутый технологический цикл переработки молочной сы-

воротки и рационального использования получаемых продуктов. Как, впрочем, показали результаты работы международных конференций по сыворотке в США (1986, 1997 и 2005 гг.), Германии (2001 г.), Франции (2008 г.), несмотря на большие достижения, эта задача до настоящего времени полностью не решена в большинстве стран мира. Проблема требует постоянного внимания и еще больших усилий для ее полного решения, в том числе в плане информационного обеспечения и сопровождения постоянно обновляемых инноваций.

Для иллюстрации практической возможности полного и рационального использования молочной сыворотки, в историческом аспекте и моем личном видении, кратко остановлюсь на одном живом примере реализации феномена через конкретные персоналии (информация была подготовлена к 100-летию сыра Советский и полностью опубликована в периодической печати).

В период работы главным инженером Алтайского головного сырзавода (март 1961 — июль 1963 гг.), а затем Алтайского маслосыркомбината (май 1964 — март 1965 гг.) имел честь участвовать в реализации планов государственного значения по централизации производства советского сыра. По объему суть мероприятия сводилась к росту выпуска продукта от сотен до тысячи тонн с кадровым и биотехнологическим обеспечением производства. Проблемными вопросами являлись следующие: качество исходного молока, стабилизация и механизация крупнотоннажного производства с сохранением традиционного качества, **реализация безотходной технологии и защиты окружающей среды.**

Централизация производства советского сыра на Алтайском сырзаводе позволила резко (на порядок) увеличить объемы его выработки. При этом достаточно острой и актуальной проблемой для крупнотоннажного производства советского сыра являлась необходимость рационального использования получаемой молочной (подсырной) сыворотки — до 100 т/сутки. Речь шла о половине молока (по сухим веществам), ибо исторически сыростение с этой точки зрения не является безотходным производством. При небольших объемах производства сыра вопроса не было — возврат сдатчикам или продажа по символической цене для откорма свиней. На Алтайском заводе была реализована в промышленном масштабе технология получения из подсырной сыворотки крайне необходимого для медицинской промышленности препарата — молочного сахара (лактозы), которая в виде жидкого сиропа (кристаллизата) направлялась на заводы антибиотиков. Это производство находилось на государственном контроле и полностью относилось к компетенции главного инженера. И если по сыру еще были какие-то объективные причины для отговорок, то не дай бог сорвать поставки молочного сахара — преступление перед народом по здоровью.

Традиционно вся молочная сыворотка после сбора и предварительного отстаивания сепарировалась. Получаемые подсырные сливки использовались для получения сливочного масла. Недостатком процесса являлась необходимость частого разбора сепаратора для удаления белкового ремня. С применением саморазгружающихся сепараторов этот недостаток был устранен. Позором, за который мне как инженеру стыдно до сих пор, являлся сбор (слив) жирной сыворотки в подвальном помещении, именуемом тогда «лягушатник». Надеюсь, теперь это устранено.

Сепарированная сыворотка освобождалась от сывороточных белков методом отваривания в открытых резервуарах (луженых котлах) емкостью 1000 л. С учетом объемов переработки сыворотки нам грозила перспектива, что вся площадь завода будет занята этими емкостями для отваривания. Долго мы искали выход — мастер Н. И. Кузнецова и ее коллектив с механиками придумали и создали линию по отвариванию альбумина, которая спасла положение и исправно работала, пока не корродировал алюминий (выбора не было).

Наш опыт был признан рацпредложением (теперь его назвали бы инновацией) и описан в журнале «Молочная промышленность», № 2, 1963 г. А лактоза, с легкой руки начальника главка Госкомпищепрома СССР Б. С. Клименко и настойчивости директора ВНИИМС, моего научного наставника Павла Фирсовича Крашенинина, стала содержанием моих научных

поисков на всю жизнь. Все мои ученые степени и звания, международное признание и членство в Российской Академии сельскохозяйственных наук берут начало от одного вечного источника — алтайских сыроделов, от мастеров до директоров. Это А. Т. Андреев, начальник управления Г. В. Доильницын, главный инженер управления А. Н. Андреев, их преемник, а затем зам. министра И. С. Орешко, сотрудники управления, заводов, Алтайского филиала ВНИИМС. На моем служебном пути среди алтайских сыроделов много значили специалисты Бийского сыркомбината — директора М. М. Дубинин, а затем рано ушедший Л. П. Юдин, главный инженер В. В. Иванов, великолепный сыродел и наш друг, ветеран Н. П. Захаров, мои коллеги-соученики Виктор Неберт и Виталий Бонькин. Все они, как и тысячи других специалистов и рабочих, внесли свой вклад в обеспечение продовольственной безопасности нашей страны по советскому сыру и молочному сахару, что записано на скрижалях истории и должно служить примером новым поколениям — молочную сыворотку можно (и нужно) не сливать, а перерабатывать в востребованные продукты. И приведенный выше живой пример — яркое доказательство этого!

4.3. Краткий анализ информационного файла по переработке и использованию молочной сыворотки

Информационный файл по проблематике монографии — молочная сыворотка, ее компоненты и их производные, в плане переработки и использования, достаточно обширен и пока системно не исследован. Достаточно подробный анализ всех аспектов проблематики молочной сыворотки в мире провел Патрик Маннион на Международной конференции 2008 г. [8]. Его обширный доклад и особенно иллюстрации (презентация) содержат уникальную информацию по рынку, науке, процессам, технологиям и продуктам из молочной сыворотки. Далее сделана попытка отразить некоторые аспекты проблемы по семи рубрикам.

4.3.1. Обзор книжных изданий

Информационное обеспечение инноваций по молочной сыворотке за последние 50 лет содержит около 100 книжных изданий и более 200 диссертационных работ. В систематизированном виде данная информация, предназначенная для обучающихся нашей профессии, представлена в трех учебных пособиях:

- «Технология продуктов из молочной сыворотки» [9];
- «Интенсивная технология молочного сахара» [10];
- «Технология лактулозы» [11].

Краткая информация о каждом из упомянутых учебных пособий, по мере их выхода в свет, была опубликована [12, 13, 14]. В контексте данной главы хотелось бы обратить внимание на комплексность информации и ее знаниеориентированную направленность — теоретические предпосылки, технология получения, опыт организации производства на практике. Следует обратить внимание, что только в учебном пособии по молочной сыворотке список использованной литературы в портфеле авторов превышал 3000 наименований.

В трех логически взаимосвязанных изданиях впервые в учебной практике представлена обобщенная на мировом уровне возможность решения проблемы, позволяющая из «отходов» сделать «доходы». Это подчеркнуто в предисловии к изданиям, которые написал (к сожалению, незадолго до своей кончины) известный специалист молочного дела, многие годы воз-

главлявший трест «Росглавмолоко» В. А. Павлов. Именно он был инициатором и, как теперь говорят, спонсором многих научных разработок, особенно в области биотехнологии и мембранных методов переработки молочной сыворотки, которые описаны в учебных пособиях и реализуются в отрасли.

Три указанных выше учебных пособия освещают проблему полного и рационального использования молочной сыворотки любого вида, ее ультрафильтратов, а также бесказеиновой фазы по альтернативным вариантам. Это является ответом на реалии рыночной экономики для формирования знаний обучающихся с ориентированием на получение максимальной прибыли.

Нам представляется, что каждый профессионал, имея в своем распоряжении портфель инноваций, изложенных в трех учебных пособиях и изданных ранее монографиях и справочниках по тематике [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22], может представить оптимальный ассортимент продукции и реализовать принцип безотходного производства молочных продуктов. Одновременно были созданы предпосылки для новых изданий, например, монография «Лактоза и ее производные», «Безотходная переработка молочного сырья» и «Технология продуктов из вторичного молочного сырья».

Таким образом, обучающимся, в том числе бакалаврам и магистрам, а также профессионалам молочного дела предоставлена в распоряжение обширная тематическая информация для изучения и сознательного выбора инновационных приоритетов по полному и рациональному использованию молочной сыворотки с перспективой безотходной переработки всех видов молочного сырья.

Следует специально подчеркнуть, что информационный портфель по молочной сыворотке постоянно пополняется. Для примера упомянем специальные монографии последнего времени А. М. Данилова [26], Г. Б. Гаврилова [27, 28], С. Г. Козлова [29, 30], Е. И. Мельниковой [31, 32], И. А. Евдокимова с соавт. [10, 33, 34, 35, 36]. Хотелось бы надеяться на бесконечность жизненного цикла информации по феномену молочной сыворотки, ее компонентов и их производных.

4.3.2. Патентная ситуация

Анализ патентной ситуации по молочной сыворотке и продуктам из нее с 1924 г. по май 2008 г. провели О. Н. Мусина и П. А. Лисин [37]. Перечень проанализированных групп и подгрупп, кстати, по нашему мнению, не очень полный, приведен в табл. 4.2. Всего за изучаемый период (1924–2008 гг.) было обнаружено 99 патентных документов, что также не отражает полной картины (перечень изобретений и патентов только нашего творческого коллектива в области молочной сыворотки превышает 150 наименований).

Таблица 4.2. Группы и подгруппы МПК, по которым проведен патентный поиск

Индекс	Обозначение
21/00	Сыворотка; продукты из сыворотки
21/02	содержащие микроорганизмы и/или ферменты и/или обработанные ими
21/04	содержащие немолочные компоненты в качестве источника жиров и/или белков
21/06	смеси сыворотки с молочными продуктами и/или молочными компонентами
21/08	содержащие другие органические добавки, например продукты растительного или животного происхождения
21/10	содержащие неорганические добавки

Однако даже на представленном материале можно сделать определенные выводы о состоянии и тенденциях.

По классам A23 C21/00 – A23 C21/10 до 1970 г. не было подано ни одной заявки, а до 1980 г. обнаружено только 4 патентных документа (МПК A23 C 21/00 и 21/02). Суммарно по указанным классам за период 1924–2008 гг. было найдено:

- по классу A23 C 21/00–81 документ;
- по классу A23 C 21/02–21;
- по классу A23 C 21/04–1;
- по классу A23 C 21/06–1;
- по классу A23 C 21/08–16;
- по классу A23 C 21/10–1.

По итоговым данным учета опубликованных патентных документов (заявок, патентов на изобретения и полезные модели, авторских свидетельств) был построен график их распределения по годам регистрации заявок (рис. 4.2).

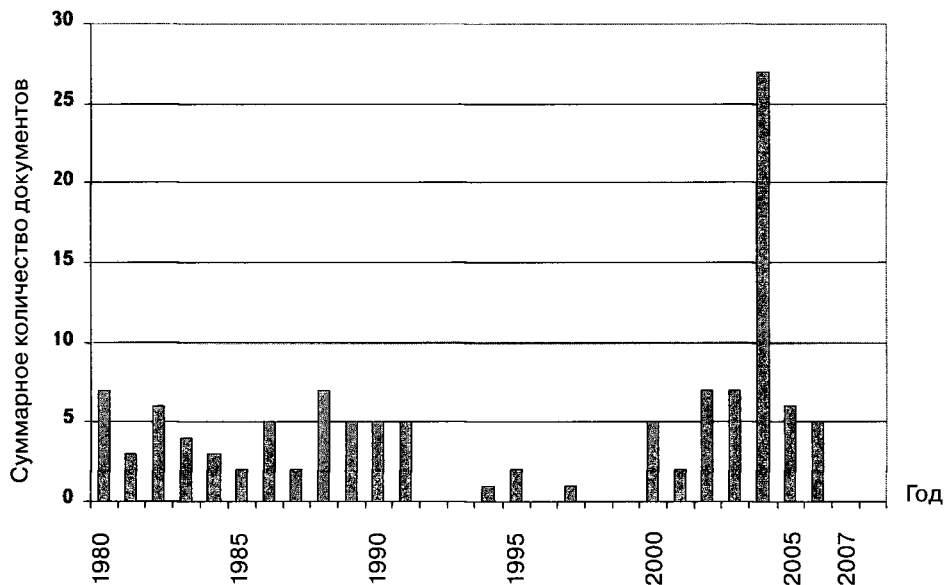


Рис. 4.2. График распределения патентных документов по годам регистрации заявок

В связи с тем, что таких документов до 1980 г. зафиксировано мало (единицы), на графике временной интервал начинается с этого периода. Начиная с 1980 г. вплоть до 90-х гг. стабильно публикуется от двух до семи патентных документов в год (в среднем по 5). В 1990 и 1991 гг. было также подано по пять заявок, но в дальнейшем наблюдался существенный спад изобретательской активности, связанный, по-видимому, с неблагоприятной ситуацией в стране и отчуждением некоторых территорий. Итак, с 1992 г. по 1999 г. было подано всего 4 заявки. Зато с 2000 г. наблюдается всплеск изобретательской активности и практически лавинообразное увеличение количества подаваемых заявок: за этот период было опубликовано 59 документов, что составляет примерно половину всего анализируемой информации. Это может говорить об актуальности, востребованности данного направления как в научной, так и в практической сферах.

Ранжирование охранных документов по классам показало, что наибольшая изобретательская активность за весь рассматриваемый период времени касалась:

- сыворотки и продуктов из сыворотки в целом (81 документ);
- сыворотки и продуктов из сыворотки, содержащих микроорганизмы и/или ферменты и/или обработанные ими (21);
- сыворотки и продуктов из сыворотки, содержащих органические добавки, например продукты растительного или животного происхождения (16 документов).

За 1924–2008 гг. по одному документу было опубликовано в рубриках А23 С 21/04, 06, 10. Фактом является отсутствие заявок в изучаемой области за последние два года (2007 – май 2008), в этот период опубликованы документы, заявки на которые были поданы в более ранний период. Конечно, нужно учесть, что при анализе не все документы учитываются в последние годы поиска, так как это, в первую очередь, зависит от длительности делопроизводства по заявкам.

Изучение всех патентных документов по национальной принадлежности показало, что за изучаемый период времени иностранным заявителем испрашивался всего один охранный документ, это компания «Нестле» (на тот момент Чехословакия). Как правило, правовую охрану изобретений за рубежом осуществляют с целью защиты экспорта, заключения лицензионных соглашений и сдерживания конкурентов для сохранения своих позиций на рынке. Наличие всего одного охранного документа, выданного иностранному заявителю, свидетельствует о наличии в России благоприятной патентной ситуации для собственных разработок в области переработки молочной сыворотки.

Все остальные заявки принадлежат отечественным заявителям (РФ, СССР). Однако стоит отметить, что в связи с распадом СССР часть этих заявителей в настоящее время уже не является российскими, это, например, (наименования приведены согласно указанным в охранных документах) Украинский НИИ мясной и молочной промышленности, Казахский филиал Института питания АМН СССР, Белорусский филиал ВНИИ молочной промышленности, Каунасский политехнический институт, Латвийская сельскохозяйственная академия, Литовский филиал ВНИИМС.

Единичные охранные документы были выданы частным лицам, за изучаемый период времени всего 4 наименования.

Анализ научно-технической деятельности ведущих фирм составляет одно из важных направлений патентных исследований и заключается в изучении разработок, ведущихся фирмами, направленных на совершенствование выпускаемой продукции. Авторами статьи проведена работа по выявлению ведущих фирм-патентовладельцев в рамках регламента поиска, т.е. начиная с 1924 г. и по май 2008 г. Для этого вся патентная документация систематизирована по фирмам. Полученные данные ранжированы, причем для каждой фирмы (организации) указано количество имеющихся в России охранных документов, МПК которых соответствует указанным в таблице 4.2.

Итак, ведущими в изучаемой области являются следующие фирмы-патентовладельцы:

- Северо-Кавказский государственный технический университет (22 патентных документа);
- Северо-Кавказский филиал Всероссийского научно-исследовательского института маслodelьной и сыродельной промышленности (ВНИИМС) (11);
- ВНИИМС (3) и ВНИИМС НПО «Углич» (4);
- Воронежская государственная технологическая академия (4);
- Восточно-Сибирский государственный технологический университет (4);
- Всесоюзный НИИ комплексного использования молочного сырья (4);
- Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторский институт молочной промышленности (3);

- Орловский государственный технический университет (3);
- Тихоокеанский государственный экономический университет (3).

Кроме того, по одному-два охранных документа имеют и другие научные учреждения: Всесоюзный научно-исследовательский институт молочной промышленности (ВНИИМП), Белорусский филиал ВНИИМП, Истринское отделение ВНИИМП, НИИ детского питания Россельхозакадемии, Волгоградский научно-исследовательский технологический институт мясо-молочного скотоводства и переработки продукции животноводства Россельхозакадемии, Всероссийский проектно-изыскательский НИИ промышленной технологии, Институт тепло- и массообмена, Казахский филиал Института питания АМН СССР, Киевский НИИ гигиены питания, Литовский филиал ВНИИМС, Украинский НИИ мясной и молочной промышленности.

Единичными патентными документами в изучаемой области владеют такие учреждения высшего профессионального образования, как Омский государственный аграрный университет, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Омский экономический институт, Омский государственный университет, Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия им. Н. В. Верещагина, Дагестанский государственный университет, Каунасский политехнический институт, Латвийская сельскохозяйственная академия, Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, Новочеркасский политехнический институт, Волгоградский государственный технический университет.

Незначительная часть (около 10 %) охранных документов принадлежит производственным фирмам и организациям различного юридического статуса. Это, например обладатели единичных патентных документов: ООО «Биолайф», АООТ «Вита-Сервис», Владимирский городской молочный комбинат, Городской молочный комбинат «Владивостокский», Ереванский молочный комбинат, ЗАО «Детство» и др.

Что касается типов объектов изобретений, используемых для правовой защиты научно-технических разработок, то в изученном нами информационном блоке фигурируют «Способ» — для защиты технологии производства продукта и «Вещество» — для защиты самого продукта. Как показала статистика, защита разработок в области переработки сыворотки надежно и наиболее часто обеспечивается через объект изобретения «Способ» — в 91 % случаев, «Веществом» заявлен объект изобретения в 8 охранных документах.

Обращает внимание, что почти половина изобретений принадлежит нашему творческому коллективу (СевКавГТУ и СКФ ВНИИМС), что позволяет формировать информационный файл настоящей монографии. Хотелось бы отметить активность в данной области школы проф. Л. А. Остроумова (КемТИПП).

В дополнение можно заметить, что тематический патентный поиск содержится практически в каждой диссертационной работе по тематике. В частности по молочному сахару (компоненты) он выполнен И. А. Евдокимовым [38], а по лактулозе (производные) С. А. Рябцевой [39]. В рамках НИР по Государственной программе выполнен патентный поиск по галакто-олигосахаридам (ГОС) [40, 41, 42].

В целом представленная информация и возможные дополнения по факту наличия патентов облегчат работу изобретателей молочной отрасли при изучении существующего уровня технологии и техники в области переработки молочной сыворотки, ее компонентов и их производных.

4.3.3. Тематическая подборка

Тематическая подборка «Молочная сыворотка» из научных трудов Северо-Кавказского государственного технического университета составлена творческим коллективом (проф.-конс. А. Г. Храмов, докторант А. Д. Лодыгин, асп. А. С. Бессонов и А. К. Кравец) научного направления «Технология живых систем» и НИИ Биотехнологии продуктов питания СевКавГТУ

и СКО АТН РФ. Материал включает тематическую подборку «Лактоза и ее производные», подготовленную в плане реализации мероприятий по проведению в нашей стране симпозиума ММФ по аналогичной тематике. Подборка нашла своего читателя, размещена на сайте СевКавГТУ и используется в учебном процессе.

Цель тематической подборки «Молочная сыворотка» — дать системную информацию о научных исследованиях творческого коллектива кафедры прикладной биотехнологии с коллегами из НИИ, вузов и отрасли для их реализации на предприятиях пищевой промышленности и АПК.

Содержание тематической подборки «Молочная сыворотка» систематизировано по основным направлениям и включает следующие разделы: общие вопросы, сырье, технология, техника, использование (пищевые и кормовые продукты, медицинские препараты и т.д.), экология, маркетинг. В подборку вошло более 200 статей, посвященных проблемам рационального использования молочной сыворотки. Цитата одной из первых статей сборника научных трудов серии «Продовольствие» (вошедшая в тематическую подборку) подтверждает эти намерения: «Для практической реализации безотходной технологии молочного дела разработана и предложена целая гамма продуктов из молочного белково-углеводного сырья. Накоплен положительный опыт в отрасли. В портфеле инноваций только НИИ биотехнологии СевКавГТУ и СКО РТАН по данной тематике более 100 законченных разработок по молочным и мясным продуктам. Конкретное содержание разработок описано в научных трудах «Вестник СевКавГТУ», и серия «Продовольствие» за 1989–2009 гг.

В целом, все статьи, вошедшие в подборку, можно разделить на четыре основных тематических раздела, которые вошли в структуру монографии.

1. Современные тенденции применения, промышленной переработки и маркетинговых исследований молочной сыворотки в России и за рубежом.

В этот раздел можно отнести статьи о современных направлениях промышленной переработки и использования молочной сыворотки за рубежом, концепции развития пищевой отрасли АПК до 2020 года, итоги и перспективы научного направления «Технологии живых систем», результаты деятельности НИИ Биотехнологии продуктов питания, современное состояние и тенденции развития молочной промышленности РФ, анализ данных переработки молочной сыворотки, проблемы и перспективы реализации принципов безотходной технологии промышленной переработки молочного сырья, критерии безопасности и экспертиза с элементами ХАССП. В серии «Продовольствие» за 2009 г. акцент сделан на Концепцию социально-экономического развития РФ, ЮФО и Ставрополя до 2020 гг. А серию «Продовольствие» 2010 года планируется посвятить антикризисным мерам в пищевой промышленности — один из элементов этих мер — переработка молочной сыворотки.

2. Исследования, направленные на изучение закономерностей физико-химических и биотехнологических процессов переработки молочной сыворотки.

К этой группе можно отнести многочисленные статьи, посвященные пребиотическим концентратам; фракционированию молочного сырья (применение пектинов, биополимеров); исследованию микрофлоры белково-углеводного молочного сырья и продуктов его переработки; сепарированию молочной сыворотки и ее концентратов с целью выделения жира и сывороточных белков; регулированию минерального состава молочной сыворотки методами электродиализа и ионного обмена; электроактивации (как способу безреагентной изомеризации лактозы в лактулозу); удалению балластных веществ в технологии молочного сахара; культивированию бифидобактерий на лактозосодержащих средах; исследованию влияния магнитной обработки на выделение белка, на процесс сгущения и кристаллизации в технологии получения лактозы; концентрированию молочной сыворотки; анализу способов выделения и оценки методов коагуляции белка из молочной сыворотки; изучению гидролиза сывороточных белков. При этом реализуются принципы нанобиомембранных технологий на уровне кластеров молочной сыворотки.

3. Получение продуктов с использованием молочной сыворотки: производство лактозы, в том числе в таблетированной форме, жидкого молочного сахара, лактозы с наполнителями и лактозосодержащих продуктов; пробиотических, пребиотических и синбиотических концентратов, в том числе бифидогенных и бифидоактивных кормовых добавок; суфле на основе молочной сыворотки; напитков, в том числе с использованием минеральной воды; полифункциональных пищевых добавок; белково-жировых продуктов и белковых концентратов; сиропов лактулозы; концентратов с промежуточной влажностью; модификация защитной среды препарата «Бифидумбактерин»; обогащение бифидогенных концентратов белками молочного сырья. Особое место, особенно в последние годы, занимает баро- и электромембранная обработка молочной сыворотки с получением целой гаммы продуктов, совместимых с традиционной технологией. Найдена форма реализации инноваций, их активно использует в своей работе компания «МЕГА-ПрофиЛайн».

4. Применение продуктов, полученных из молочной сыворотки или с ее использованием: концепция межгосударственного проекта в Белоруссии по освоению высокоэффективного пребиотика лактулозы; создания комплексных улучшителей для хлебопекарной промышленности; молочные напитки с бифидогенным концентратом; применение лактулозы в хлебопекарной, кондитерской промышленности, конфетном производстве и других отраслях пищевой промышленности; применение сывороточных белково-углеводных концентратов в производстве мясoproductов; разработка сосисок и колбасных изделий с концентратом «Лактобел», «Лактобел-ЭД»; применение бифидогенных концентратов в составе ЗЦМ и комбикормов для молодняка сельскохозяйственных животных и птицы; использование бифидогенного концентрата при культивировании бифидобактерий.

С подробным содержанием отдельных статей тематической подборки можно ознакомиться на сайте, а также в научных трудах СевКавГТУ.

4.3.4. Международные конференции

Особое (отдельное и самостоятельное) место в информационном файле теории и практики переработки и использования молочной сыворотки, безусловно, занимают тематические международные конференции. Уровень значимости объекта монографии заставляет мировое профессиональное сообщество специалистов и заинтересованных в тематике молочного дела собираться периодически (определенно можно говорить о системе и даже традиции) для обсуждения актуальных проблем. К настоящему времени проведено пять международных конференций по молочной сыворотке. Кратко остановимся на общей характеристике каждой во временной последовательности. Детальное изложение содержится в опубликованных материалах (англоязычная версия), которые по моей инициативе все переведены на русский язык коллегами (рабочие версии) и были использованы для освещения каждого положения плана-проспекта монографии.

Первая Международная конференция по молочной сыворотке была проведена ММФ на уровне экспертов в 1986 г. (США). Затем собранные материалы были систематизированы специальной комиссией и опубликованы на английском языке в Бюллетене ММФ № 233, 1988 г. в виде монографии. Именно эта публикация — «Тенденции использования молочной сыворотки и ее производных» является предметом анализа.

В монографии в достаточно полном виде освещены все основные направления промышленной переработки и использования молочной сыворотки и продуктов, получаемых из нее. Темы, затронутые многими выдающимися в этой специфической области авторами, сделали данную публикацию наиболее ценной и информативно всеобъемлющей по методам переработки сыворотки, используемым в то время. Материалы монографии представляют интерес для специалистов молочного дела и других отраслей, где используются продукты из молочной сыворотки, а также ведется поиск оригинальных, доступных наполнителей и обога-

телей из уникального сырья животного происхождения. Структурно тематика монографии представлена шестью разделами (главами).

В первом разделе Г. Кьяргард Йенсен и Ян Каре Окслунд (Дания) описали получение густых и сухих продуктов из молочной сыворотки и пермеата. Рассмотрены процессы центрифугирования, пастеризации-охлаждения, концентрирования в т. ч. обратным осмосом (ОО), деминерализации, сушки. Особо подчеркивается, что наибольшим спросом на рынке пользуется сухая молочная сыворотка, особенно деминерализованная.

Во втором разделе К. Р. Маршал (Веллингтон, Новая Зеландия) и В. Харпер (Северный Пальмерстон, Новая Зеландия) представили технологию концентратов сывороточных белков. В разделе дана характеристика основных сывороточных белков и полипептидов и их функциональные свойства, рассмотрено используемое оборудование и технологические процессы, применяемые при производстве сывороточно-белковых продуктов. Подробно представлены три процесса концентрирования сывороточных белков: ультрафильтрация, адсорбция (растворимые сывороточно-белковые концентраты) и тепловое осаждение (нерастворимые сывороточно-белковые концентраты). Рассмотрены также функционально-технологические свойства СБК: растворимость, адсорбция, гелеобразование, взбивание/пенообразование, эмульгирование, вкус, цвет, питательность, даны направления использования СБК.

В третьем разделе Р. А. Виссер, М. Вани дер Бос и В. П. Фергюсон (Фризланд, Нидерланды) представили материал по лактозе и ее производным. Описана молекулярная структура и оптические свойства лактозы. Рассмотрен газохроматографический метод определения отношения β/α аномеров в кристаллах, а также плотность некоторых форм лактозы и др. свойства. Представлены современные способы (периодический и полунепрерывный) производства молочного сахара и направления его использования (детское питание, продукты для диабетиков и спортсмен, фармацевтика и т. д.). Дана характеристика химическим производным лактозы.

В четвертом разделе Д. Н. Ридер (Телфорд, Великобритания) описал известные в то время способы гидролиза лактозы в молочной сыворотке. Дана информация об использовании продуктов с гидролизованной лактозой. Сформулирована перспектива, которая в настоящее время реализована на практике.

Пятый раздел представил Д. Жадов (Виктория, Австралия) — сбраживание сыворотки и пермеата биоконверсией лактозы. Приведены экономические факторы и альтернативные варианты процесса, а также сравнительная характеристика затрат. Представлены процессы сбраживания, с получением спирта, для получения пищевых и хлебопекарных дрожжей, метана (биогаза), лактата аммония/молочной кислоты, лактазы и других продуктов. Подчеркнута перспектива примерно на 20 лет.

Шестой раздел подготовлен нашим соотечественником Э. Ф. Кравченко (НПО «Углич», СССР) по тематике сывороточных напитков. Рассмотрены напитки на основе натуральной и концентрированной сыворотки, новые процессы — ультрафильтрация, гидролиз. Обобщен отечественный и зарубежный опыт, определены перспективные направления.

В заключение подчеркнуто, что постоянное увеличение ресурсов молочной сыворотки в странах с развитым молочным делом требует создания благоприятных предпосылок для будущего развития этого направления науки и практики.

Вторая Международная конференция с коротким и емким брендом WHEY — «Сыворотка», организована Международной молочной федерацией и Американским национальным комитетом ММФ при спонсорской поддержке Американского Института молочной продукции. Она прошла в октябре 1997 г. (штат Иллинойс, г. Розмонт (*Rosemond*), США). Интересно, что организатор конференции Варрена С. Кларк (США) в своем приветствии принес извинение участникам за бытовые неудобства, связанные с резким увеличением фактического количества желающих по сравнению с заявленным!

На рассмотрение конференции было представлено 40 работ около 100 авторов, среди которых представители США (34), Австралии (15), Канады (10), Нидерландов (8), Новой Зеландии (7), Франции (6), Японии (6), Германии (5), Бельгии (1). Авторы работ — сотрудники 47 научно-исследовательских и учебных организаций, коммерческих фирм, компаний и других предприятий и объединений. Основные участники были представлены учебными и научно-исследовательскими государственными организациями и специализированными фирмами.

В работах, рассмотренных на Конференции, основное внимание уделено следующим проблемам.

1. Состояние индустрии переработки сыворотки на пути в XXI век. Маркетинг сывороточной продукции в Европе, Северной Америке, Тихоокеанском регионе.
2. Технологические вопросы переработки сыворотки: сепарирование и осветление, выделение сывороточных белков методами ионного обмена и ультрафильтрации, деминерализация методами нанофильтрации и ионного обмена, денатурирование протеинов.
3. Изучение физических и функциональных свойств сывороточных белков (протеинов) с целью их рационального использования.
4. Получение лактозы и ее производных.
5. Исследование действия продуктов из молочной сыворотки и ее компонентов в лечении некоторых болезней.
6. Косметические свойства компонентов молочной сыворотки.
7. Систематизация и анализ представленных на Конференцию работ позволяет составить реальную картину состояния и тенденций переработки и использования молочной сыворотки в большинстве развитых стран мира.

Во всех докладах было подчеркнуто, что необходимость решения проблемы полной переработки молочной сыворотки обусловлена ужесточением требований к охране окружающей среды.

В последние два десятилетия большие объемы молочной сыворотки подвергаются переработке с целью выделения и использования сывороточных белков. Сывороточные белки высушиваются и используются в качестве заменителей сухого обезжиренного молока при производстве пищевых продуктов и заменителей цельного молока (ЗЦМ) для сельскохозяйственных животных. При этом прогноз на XXI век показывает, что, несмотря на достигнутый значительный прогресс, проблема использования пермеата окончательно не решена, ибо «проблема сыворотки» сменилась «проблемой пермеата».

В Центральной и Восточной Европе, Японии, Южной Америке и ряде других стран производство сыра организовано на промышленной основе, и они заинтересованы в выделении из сыворотки отдельных ее компонентов с дальнейшим их использованием в пищевой промышленности, фармацевтике и косметологии. В других странах, например, в Исландии, сыворотку потребляют «как таковую» или в составе ароматизированных напитков.

Одним из несомненных достижений последних 30 лет является расширение с 6 до 20 и более наименований перечня компонентов сыворотки, которые отвечают критерию «извлекаемости» и питательной ценности. Основная причина этого — признание того, что отдельные компоненты, особенно содержащиеся в сыворотке в незначительных количествах, представляют интерес при получении медицинских и косметических средств, имеют уникальную питательную ценность и, в определенных случаях, высокие функциональные свойства.

Предполагается, что в XXI веке увеличится степень «дробления» сыворотки с целью использования всех составных компонентов. Для полного использования молочной сыворотки и исключения попадания ее в окружающую среду расширяется выработка пищевых высокобелковых продуктов для питания детей, пожилых людей, атлетов и других. Продукты, содержащие лактозу, широко используются как источник энергии, а также применяются в промышленности при выработке пищевых ингредиентов. Практикуется сушка сыворотки

на распылительных и вальцовых сушильных установках. Во многих странах сухая сыворотка используется в рецептурах мороженого, хлебобулочных и кондитерских изделиях, в продуктах детского питания и лекарственных препаратах. Пермеат широко применяют для производства молочного сахара и некоторых напитков.

Пристальное внимание уделено исследованиям рынка сбыта, при этом можно выделить различные направления использования лактозы в зависимости от степени ее чистоты: фармацевтика, химия, пищевые продукты, корма, ферментация и удобрения. Хотя, в связи с ограничениями из-за загрязнения окружающей среды, промышленность уходит от использования сыворотки в качестве удобрений. Большой интерес по-прежнему вызывает производство спирта и дрожжей путем ферментации лактозы молочной сыворотки, которые пользуются широким спросом на рынке. Хотя производство спирта (этанол) из молочной сыворотки пока не налажено в больших объемах. Использование сыворотки в химической промышленности в ближайшем будущем также займет большой сегмент рынка сбыта. Так как молочная промышленность, в целом, не участвует в химической переработке сырья, она будет поставщиком высокоочищенной лактозы.

Для сгущения сыворотки и производства всевозможных концентратов сывороточного белка в настоящее время широко используются такие мембранные методы обработки, как обратный осмос и ультрафильтрация. Применяют спиральные модули с комбинированными и полиэфирсульфоновыми мембранами, а процесс ведут при низких температурах. Относительно новый процесс — нанофильтрация, который используют для частичной деминерализации и удаления некоторых низкомолекулярных органических компонентов сыворотки. Промышленное использование микрофильтрации все еще ограничено, хотя возможности применения многочисленны. Уже более 20 лет для деминерализации сыворотки (до 90 % и выше) применяется метод ионообмена, а также электродиализ, помогающий превращать отходы в ценный продукт.

Большое значение придается маркетинговым исследованиям рынка сбыта, улучшению рекламы сыворотки и ее компонентов. Реклама осуществляется путем издания брошюр, видеофильмов, академических докладов, заметок в журналах для потребителей под названием типа «знаете ли Вы, что сыворотка...», семинаров работников молочной и пищевой промышленности сектора мониторинга и др. Все это является движущей силой для интенсификации переработки сыворотки.

И все же полностью объемы сыворотки перерабатывать и использовать в производстве пищевых продуктов не удастся. В этих условиях значительные объемы молочной сыворотки направляются на производство кормов для животных: свиней, телят, собак, кошек и др. Например, американская молокоперерабатывающая промышленность в 1995 году 47 % производимой в США молочной сыворотки направила на корм животным. В настоящее время, благодаря увеличению потребления сыворотки при производстве пищевых продуктов этот показатель несколько снизился, однако использование сыворотки для животноводства остается устойчивым показателем.

Повышенный интерес проявляется к производству молочного сахара и производных лактозы: лактулозы, гидролизованной лактозы, галактоолигосахаридов, лактитола, лактобионовой кислоты с последующим их использованием в пищевой промышленности, лечебных и фармацевтических продуктах.

Большое внимание уделяется галактосахарам как важному компоненту функциональных пищевых продуктов, которые способствуют хорошей работе пищеварительного тракта. Галактосахара не перевариваются и не всасываются в тонком кишечнике, а, попадая в толстый отдел кишечника, используются пробиотической микрофлорой кишечника как источник энергии, что приводит к нормализации микробного биоценоза кишечника и улучшению состояния организма в целом. Галактоолигосахариды — превосходный компонент при составлении рецептур продуктов функционального питания.

С технической точки зрения, можно получить значительное количество производных лактозы. Успех технического решения в каждом конкретном случае зависит от функциональных свойств продукта и потребностей целевого рынка. Лактобионовая кислота, продукт окисления лактозы, хорошо известное вещество и используется, главным образом, в области фармацевтики в качестве добавки кальция, ингредиента для сохранения растворов при трансплантировании органов, а также в противовес эритромицину. В последнее время растет интерес к производству бактериоцина из пермеата молочной сыворотки, так как определенные штаммы молочнокислых бактерий могут расти и производить значительное количество бактериоцина в этой недорогой среде. Бактериоцины — белковые антимикробные соединения с бактериостатической активностью.

Исследования, проведенные в лаборатории Массачусетского университета (США), показали, что водорастворимые компоненты антиоксидантов присутствуют в пермеате молока или сыворотки. Потребление пищевых антиоксидантов положительно коррелируется с профилактикой таких болезней, как рак и атеросклероз.

Особое внимание уделяется исследованиям по использованию компонентов молочной сыворотки в медицине, при лечении различных заболеваний (ВИЧ, атеросклероз, онкологические и желудочно-кишечные заболевания, при лечении ран, уходе за кожей грудных детей и др.), при производстве некоторых косметических средств. Эти направления представляют наиболее актуальными.

Доказано, что сывороточный белок стимулирует клеточно-опосредованный и гуморальный иммунитет, улучшает состояние организма при стрессах, является антиоксидантом, увеличивая количество глутатиона в тканях, и возможно, вследствие этого оказывает ингибирующее действие на рост некоторых видов опухолей. Краткое изложение некоторых работ по использованию сывороточных белков приводится ниже.

В Австралии (Р. Парсел и др.) запатентована технология твердого заменителя жира для производства мясопродуктов, в основе которого сывороточные белки, богатые бета-лактоглобулином. Этот заменитель жира уже используется для промышленного производства мясопродуктов с пониженным содержанием жира. В начале 90-х годов аналогичный новый заменитель жира появился и в США (подробное описание в главе 11). При получении заменителя, сывороточный белок подвергается тепловой обработке и вырабатывается в виде мельчайших круглых шариков, подобно жировым шарикам. По консистенции он напоминает кулинарный жир. Его можно включать в различные замороженные десерты, мороженое, йогурты, пастообразные сыры. Заменитель получил распространение в пищевой промышленности Великобритании, Ирландии, Финляндии, Германии.

Во Франции (Л. Хашим и Х. Чаверон) успешно проведены исследования по использованию сывороточных белков в различных концентрациях (35, 75 и 90 % белка) в белом шоколаде. Их введение в состав продукта улучшает питательные качества без ухудшения органолептических, реологических и технологических свойств шоколада.

В Германии (К. Герлинг и др.) изучен, разработан и практически осуществлен процесс производства лактобионовой кислоты и ее солей в промышленном масштабе. Кроме уже известного применения лактобионовой кислоты, главным образом в области фармацевтики в качестве ингредиента для сохранения растворов, применяемых для трансплантированных органов, разработано еще несколько новых областей ее использования: при производстве моющих средств, косметики, продукции личной гигиены, средств для защиты от коррозии и др.

В Германии (Стромалер) изучают лактулозу, получаемую из лактозы молочной сыворотки, которая является стимулятором роста бифидобактерий (положительно влияет на микрофлору кишечника). Ее также используют при консервативном лечении некоторых форм болезни печени и при восстановительном лечении после сальмонеллеза. Надо сказать, что

к производству лактулозы как бифидогенному фактору проявляют в настоящее время интерес многие страны мира: Япония, Италия, Индия, Нидерланды, США, Египет, Россия и др.

В Канаде (С. Лакруа) в последнее время растет интерес к производству бактериоцина пищевого качества из сывороточного пермеата. Процесс осуществляется в реакторе с использованием иммобилизованных клеток молочнокислых бактерий, выделенных из сыра. Бактериоцины можно использовать как пищевой концентрат в плавленых сырах и консервах.

Биоконсерванты из сыворотки (лактоферрин, лактопероксидаза) изучались также в Нидерландах (К.Д. Куссендрагер) с целью их использования в пищевых продуктах, специальных кормах, косметике и др.

В США (И. Декер и др.) исследовали антиоксидантную активность низкомолекулярных водорастворимых компонентов ультрафильтрата молочной сыворотки с целью профилактики таких болезней как рак и атеросклероз, а также с целью увеличения сохранности некоторых продуктов.

В Канаде (Г. Бунуа) проведены исследования по использованию изолятов сывороточного белка для усиления иммунитета ВИЧ-инфицированных больных. Клинические эксперименты на детях, больных СПИДом, дали положительные результаты.

Противораковое действие диетических сывороточных белков было подтверждено рядом работ специалистов Австралии (Г.В. Смитерс и др.) при опытах на лабораторных животных. Проводятся разработки пищевых продуктов для клинических испытаний на людях.

В США (Дж. Чимел) проведены исследования, показавшие противоопухолевое действие сывороточного белка для пациентов с онкологическими заболеваниями головы и шеи. Б. Горевит и В. Спитсберг (США) определили, что такими же свойствами обладают белки, содержащиеся в оболочках шариков молочного жира сыворотки.

Г. Ригестер и др. (Австралия) на основе белков подсырной сыворотки разработали сывороточный экстракт, который используют для заживления ран и при кишечных заболеваниях.

В Японии (Х. Негиши, Х. Отомо и др.) компания разработала серию косметической продукции для детей, включая мыло и лосьон, содержащие фракции сыворотки с низкой молекулярной массой (минеральные вещества сыворотки), полученные из изолята сывороточного белка сладкой сыворотки. Эта косметическая продукция применялась для лечения детей с атрофическими дерматитами.

В целом конференция показала интерес к молочной сыворотке, ее компонентам и особенно их производным, в т. ч., в плане функциональности и лечебной ценности. Эти тенденции хорошо прослеживаются на следующих международных конференциях по молочной сыворотке.

Третья Международная конференция, как и все последующие, была проведена EWPA (Международный торговый союз) совместно с Американским институтом молочных продуктов [43], без формального участия ММФ, что, по нашему мнению, не является оптимальным. Эта конференция проведена в Германии (Мюнхен) и позиционировалась как «Значение сыворотки и ее компонентов в пищевых продуктах и питании».

Программный комитет из самых известных профессионалов в области тематики конференции в составе Бернард С. Хортон (США), Эрнст Реймердес (Швейцария), Гертжан Шафсм (Нидерланды), Уоррен С. Кларк Мл. (США) и Антуан Джей Ван де Вен (Бельгия) обеспечил участие в мероприятии более 450 специалистов. На конференции был представлен 51 доклад представителей США, Новой Зеландии, Германии, Нидерландов, Польши, Испании, Японии, Австралии, Англии, Италии, Канады, Дании, Франции и др., в том числе: 3 доклада по рынку; 20 — современное состояние процессов переработки сыворотки; 15 — использование сухой сыворотки и производных сыворотки; 16 — пищевые и медицинские аспекты сыворотки и ее компонентов. Необычность этой конференции состояла в том, что примерно половина докладов была сделана специалистами из медицинских организаций и университетов, клинических лабораторий и исследовательских центров, занимающихся со-

зданием продуктов здорового питания (функционального назначения) и их влиянием на здоровье человека.

Цель конференции: собрать предприятия, выпускающие продукты из молочной сыворотки, производителей оборудования, используемого для ее переработки, лидеров промышленности, институты, правительственных и промышленных исследователей для обсуждения современных технологий переработки сыворотки и информирования потребителей о продуктах на ее основе, о преимуществах и полезных свойствах, функциональном применении и успешном использовании в постоянно расширяющейся сфере.

На конференции были раскрыты три основные темы:

- обзор практического применения методов переработки сыворотки;
- функциональное использование и применение сыворотки и ее продуктов;
- характеристики питательных свойств сыворотки и ее компонентов, положительно влияющих на здоровье.

Кроме того, программа конференции была дополнена выставками, где участвующие компании предоставляли информацию о своих новейших продуктах и услугах.

По вопросам рынка продуктов из молочной сыворотки рассмотрены общие тенденции развития, влияющие на пищевую промышленность во всем мире; взгляды и концепции успешного будущего; важность нововведений для успешного управления производством; аспекты «времени», а также проблемы с конкурентами белков молочной сыворотки — соей, казеинами и желатиновыми продуктами.

Подробно рассмотрено современное (на 2001 г.) состояние процессов переработки сыворотки, технический уровень ее обработки и др. проблемы. Затронуты вопросы использования молочной сыворотки и пермеата, микрофльтрация молока (*MMF*), получение концентратов сывороточных белков (КСБ), а также изолятов (*WPI's*), высоко ценимых на мировом рынке. КСБ и *WPI* обладают очень хорошими функциональными свойствами — желирование и вспенивание.

Уделено внимание разделению компонентов молочной сыворотки с использованием гель-хроматографии. Подчеркнуто, что путем комбинирования мембранной технологии и хроматографии, главные составляющие сыворотки — белки, лактоза и минеральные вещества — могут быть выделены как очень чистые фракции с высокой коммерческой ценностью.

Рассмотрен процесс дефосфатации кальция — удаление и регенерация фосфата кальция и других минеральных веществ из пермеата сыворотки.

В рамках использования молочной сыворотки обозначены следующие направления: использование гидролизатов в детском, спортивном питании, диетических продуктах, пищевых добавках и продуктах функционального питания. Практически открыт рынок продуктов лечебного питания, изготовленных из молочной сыворотки, ее компонентов и особенно производных — очень конкурентоспособный.

В целом информация, доведенная до потребителей, показала, что молочная сыворотка имеет высочайшую биологическую ценность, содержит огромное количество полезных для здоровья веществ, имеет широкую область применения и фактически является неповторимой пищевой добавкой XXI века.

Четвертая конференция по молочной сыворотке с брендом «Чудеса сыворотки... Поймай-те силу» (*The Wonders of Whey... Catch the Power*), проводилась с 11 по 14 сентября 2005 г. в Чикаго (США). На ней собрались более 350 специалистов со всего мира, которые представляли научные учреждения, учебно-исследовательские центры, фирмы, выпускающие продукцию из сыворотки, и компании, производящие оборудование. Было представлено 35 докладов около 100 авторов, в том числе представителей США (18), Новой Зеландии (10), Германии (8), Нидерландов (8), Польши (7), Испании (5), Японии (5), Австралии (4), Англии (4), Италии (4), Канады (4), Дании (3), Франции (2). Кстати, в работе этой конференции, в качестве полноправных участников, были представители России (впервые) — члены нашего творчес-

кого коллектива, эксперты ММФ, проф. И. А. Евдокимов и доц. Л. Р. Алиева (профессионал со знанием иностранных языков).

Необычность этой конференции, как и предыдущей, состояла в том, что более половины докладов была сделана специалистами из медицинских организаций и университетов, клинических лабораторий и исследовательских центров, занимающихся созданием продуктов здорового питания (функционального назначения) и их влиянием на здоровье человека. Это как бы развивало тематику, заложенную на 1-й и особенно на 2-й Международных конференциях.

Тематику докладов можно разделить по трем основным направлениям:

1. Сывороточные белки в продуктах питания и их влияние на здоровье (46 % докладов).
2. Направления применения сывороточных белков (37 % докладов).
3. Современный технический уровень обработки сыворотки (17 % докладов).

Основные выводы, которые были сделаны в представленных докладах, систематизированы по следующим направлениям.

Сывороточные белки в продуктах питания и их влияние на здоровье

Сывороточные белки являются хорошим природным источником аминокислот, со сбалансированным аминокислотным составом (Р. Вольф, США). Их введение в состав продуктов, относящихся к категории «спортивное питание», стимулирует синтез белка в мускулах, что способствует наращиванию мышечной массы и силы.

Некоторые аминокислоты (особенно лейцин), присутствующие в сывороточных белках, при попадании в организм влияют на гомеостаз глюкозы и обладают инсулинотропным действием (стимулируют транспорт глюкозы в мышечные ткани), стимулируют ресинтез гликогена в мышцах и в печени. Это, как отмечалось в докладе Д. Ранкин и Д. Дара (Новая Зеландия), очень важно для восстановления организма, особенно спортсменов, после усиленных тренировок. Употребление на ранней стадии восстановления напитков, в состав которых входят углеводы и сывороточный белок или его гидролизаты, приводит к восстановлению мышечного белка и способствует восполнению запаса гликогена более эффективно, по сравнению с потреблением напитков только на углеводной основе.

Сывороточные белки богаты цистеином, поэтому они являются идеальным ингредиентом при производстве добавок и функциональных продуктов, например, для поддержки печени. Цистеин является лимитирующей аминокислотой, предшественником глутатиона — сильного антиоксиданта, который снижает нежелательный эффект радиационного облучения, раковой химиотерапии и токсинов, например, алкоголя. В качестве нейтрализатора тяжелых металлов он способствует излечению заболеваний крови и печени. Глутатион играет большую роль в предупреждении рака, особенно рака печени; замедляет процессы старения. Компания *DMV International* (США) выпустила по запатентованной технологии гидролизаты сывороточных белков, концентрация цистеина в которых была выше, чем в сывороточных белках. Коммерческое название этого продукта *Cysteine Pepton*. Испытания, проведенные на животных, показали, что в печени крыс цистеин дозозависимо трансформировался в глутатион.

Молочная сыворотка и сывороточные белки являются также прекрасным сырьем или компонентом в составе рецептур при разработке новых продуктов функционального питания. Они влияют на процесс пищеварения, обмен веществ и массу тела (Г. Харвей Андерсон, А. Азиз и Ф. Хо (Канада); Д. Том (Франция)). Это связано с тем, что сыворотка, являясь высококачественным источником белка со сбалансированным аминокислотным составом, стимулирует выработку лептина (гормона насыщения). Гормон насыщения, синтезируемый клетками кишечника при поступлении в него белковой пищи, всасывается в кровь и подавляет чувство голода. Таким образом, функциональные продукты, содержащие сывороточный белок можно использовать людям с избыточной массой тела.

Кроме того, установлено, что гидролизаты сывороточных белков содержат большое количество биоактивных пептидов, которые оказывают лечебное действие при гипертониях,

заболеваниях сердечно-сосудистой системы (Джоэл Дж. Пинс, Харминдер Каур и Джо-зеф М. Кинан, США). Компоненты, выделяемые из сывороточных белков эффективны также при лечении ВИЧ-инфекций, онкологических и почечных заболеваниях, а также могут выступать как иммуномодуляторы.

Так α -лактальбумин, используемый как добавка при лечении почечных заболеваний, корректирует низкий уровень сывороточного альбумина и гемоглобина/гематокрит в крови (Венди Лу Джонс, США).

Сотрудники «Фарма-Ревью» корпорации и института иммунологии и экспериментальной терапии (М. Крузел, Дж. Артим, Г. Годачек и др., Польша) представили доклад об эффективности применения лактоферрина при сниженном иммунитете, где он играет роль иммуномодулятора.

Бычий к-казеингликомакропептид, полученный из подсырной сыворотки, можно использовать при производстве вкусных продуктов и напитков для людей, страдающих фенилкетонурией. Это единственный известный диетический белок, который не содержит ароматических аминокислот, в том числе и фенилаланина.

Специалисты из медицинских научных центров, медицинских университетов и клинических лабораторий Германии, Италии и Испании представили на конференции первые результаты испытания о влиянии галактоолигосахаридов (ГОС) на состав фекальной микрофлоры младенцев. ГОС вводили в состав детского питания для детей старше 4-х месяцев в количестве 5 г ГОС/л, введение ГОС ограничивалось 2 бутылочками в день по 230 мл. Результаты испытания показали значительное увеличение количества бифидобактерий в составе стула младенцев, получавших детское питание с ГОС. Таким образом, ГОС в составе формулы питания детей, в период их отлучения от груди, является важной пребиотической составляющей. О том, что олигосахариды, такие как инулин, фруктоолигосахариды и галактоолигосахариды являются факторами роста для лакто- и бифидобактерий хорошо известно. ГОС, выбранный для исследований, вырабатывают в значительных количествах в Японии (1500 т/г по данным 1995 г.). В Европе с 1995 года они используются в качестве пребиотической добавки в составе йогуртов. ГОС были признаны безопасными и получили статус GRAS (Общепризнанные безопасными). Это официальная маркировка США на лекарствах и пищевых продуктах.

Направления применения сывороточных белков

Участники конференции отметили, что за последние 50 лет изменились взгляды на то, что необходимо потребителю от продуктов питания. Сейчас все более и более делается акцент на производство продуктов, позволяющих не только удовлетворить энергетические и питательные потребности человека, но также оказывать лечебно-профилактическое действие. Как говорил президент крупнейшей пищевой компании Гео-Нестле П. Брабек, вскоре перед потребителем основным вопросом будет не вопрос «Что Вы хотите есть?», а «Чего Вы хотите достичь с помощью еды?» (например, снизить вес, улучшить обмен веществ, увеличить биодоступность железа или улучшить здоровье и внешний вид и т.д.). В этом плане особый интерес представляет молочная сыворотка, ее составляющие и их производные. Если раньше сыворотку использовали в основном как сырье для получения сывороточных белков, молочного сахара, немного позднее для выделения фосфата кальция, а остальную использовали как добавку к кормам, то в последние годы ситуация изменилась коренным образом.

О том, что сыворотка является прекрасным сырьем с питательными, технологическими и функциональными свойствами, говорилось еще на Международной молочной конференции в 2001 г. (Мюнхен). В сыворотке находятся придающие продуктам функциональные свойства вещества: лактоферрин, лактопероксидаза, гликопротеин, пептиды (небелковый азот, гликомакропептиды и т.д.), олигосахариды (*N*-ацетилглюкозамин, *N*-ацетилнейраминавая кислота), витамины, органические кислоты, нуклеотиды и минеральные вещества.

Основные направления по использованию сыворотки натуральной, сгущенной или сухой: как компонент в составе рецептур при производстве мороженого, хлебобулочных изделий,

шоколада, напитков, сывороточных желе. В состав желе входит до 75 % подсырной сыворотки. В Германии налажен выпуск биологически активной сухой подсырной сыворотки *green lact* и *L-carnilact*. В состав *green lact* входит пробиотическая микрофлора — ацидофильная палочка и бифидобактерии, порошок ячменной травы и сироп, полученный из зерновых культур. При производстве *L-carnilact* в состав рецептуры помимо сухой подсырной сыворотки входит также ацидофильная палочка и бифидобактерии, сироп из зерновых культур, лимонная кислота и L-карнитин (Эрнст Х. Реймердс, Германия).

На рынке появился напиток *Rivella*, который был представлен на Международной молочной конференции в Мюнхене. Только он теперь производится как из молочной сыворотки, так и из ультрафильтрата молочной сыворотки. Детальная информация в главе 16.

Сывороточные белки в основном используются в виде концентратов как заменитель молока или стабилизатор молочных продуктов, например, йогуртов или мягких сыров. Нативные сывороточные белки используют при производстве замороженных мясных и рыбных продуктов, например, заменителя крабового мяса *Kamaboko*. Так недавно созданная компания в Литве производит до 35 000 т *Kamaboko*.

Применение мембранных методов, например, микро- и ультрафильтрации, позволило получать изоляты сывороточных белков, которые используются в качестве заменителей яичного белка.

Другим важным направлением применения компонентов молочной сыворотки является получение молочного жира с помощью микрофильтрации и фосфата кальция. Молочный жир, выделенный из сыворотки, применяют при производстве мягких сыров, десертов и наполнителей, похожих на продукцию *Simplex* (CP Kelco, Atlanta, GA).

Фосфат кальция используется для обогащения кальцием различных видов продукции от апельсинового сока и молочных продуктов до корма для домашних животных.

Особый интерес был проявлен к получению и использованию производных компонентов молочной сыворотки. Например, лактулозу, как пребиотик, используют в медицине в качестве добавки после лечения антибиотиками.

Производные молочной сыворотки, полученные биологическим путем, так же привлекают внимание. Дан краткий обзор инновационных разработок, основанных на обработке молочной сыворотки протеолитическими ферментами и/или β-галактозидазами. Использование данных видов ферментативной обработки позволяет получать гипоаллергенные и/или безлактозные продукты, которые используются при производстве продуктов детского питания и мороженого.

Кроме того, ферментативный гидролиз высокоспецифичными протеазами сывороточных белков делает доступными некоторые биологически активные пептиды, такие как лактоферрин и лактопероксидазу.

Селективное расщепление сывороточного альбумина и α-лактальбумина применяют для улучшения технологических свойств готовых продуктов: смесь полученных гидролизатов с β-лактоглобулином обладает пенообразующей и стабилизирующей способностью. Это свойство гидролизатов используют для образования и стабилизации эмульсий и пен.

Галактоолигосахариды — производные лактозы. Получение этого пребиотика основано на галактозилтрансферазных свойствах фермента β-галактозидаза.

Эрнст Х. Реймердс (Германия) представил на конференции два инновационных направления применения сыворотки: получение комбинированного пробиотического продукта и *Golden Liquid* (Золотая жидкость). Комбинированный пробиотический продукт, содержащий лактулозу, галактоолигосахариды, глюкозу и галактозу, применяют при производстве мороженого, десертов, конфет и шербетов. В связи с тем, что массовая доля сухих веществ в сыворотке составляет всего 5–7 %, то сыворотку или ультрафильтраты можно применять в качестве раствора *Golden Liquid*, содержащего белки и/или углеводы, вместо воды в рецептурах таких продуктов как десерты, пудинги, хлебобулочные изделия, сбитни и др.

Компания *Morinaga Milk Industry* (Япония) совместно с несколькими главными европейскими компаниями создали центр молочной индустрии *MILEI GmbH* в южной части Германии, который занимается переработкой сыворотки с применением ультрафильтрационных и электродиализных технологий (Х. Саито and М. Томита, Япония). В настоящее время *MILEI GmbH* перерабатывает около 2500 т сыворотки, которая поступает из южной Германии, западной Австрии и Италии. Она производит концентраты сывороточных белков, сухую сыворотку, лактулозу, лактоферрин и лактопероксидазу. При производстве продуктов применяют прогрессивные технологии разделения и очистки компонентов сырья, такие как мембранное разделение и хроматографические способы очистки от примесей. В Европе, США и Океании для получения компонентов сыворотки применяют огромные мембранные установки, которые занимают площадь несколько тысяч квадратных метров.

Кроме того, компания *Morinaga Milk Industry* выпускает следующую продукцию из молочной сыворотки:

- гидролизаты сывороточных белков, обладающих низкой антигенностью, высокой степенью усвояемости и полезными физико-химическими свойствами;
- лактоферрин-гидролизат (*LF*-гидролизат), содержащий антимикробный пептид лактоферрицин и лактулозу.
- препарат (пребиотик), стимулятор роста бифидобактерий.

Morinaga Milk Industry с 1977 г. на основе гидролизатов молочных белков выпускает гипоаллергенные препараты для детского питания на основе гидролизата казеина. Это препараты *New MA 1* и *Low-fat-MA 1*, при их производстве применяется ультрафильтрационная обработка, что позволяет удалить остаточные высокомолекулярные пептиды. С 2000 г. компания начала разработку нового гипоаллергенного препарата *Ma-mi* с использованием гидролизатов казеина и сывороточных белков в соотношении 68:32. Белки сывороточной фракции коровьего молока по аминокислотному составу имеют по сравнению с казеином более высокое содержание аминокислот. Поэтому сывороточные гидролизаты считаются физиологически более ценными. Они также имеют менее резкий вкус и запах по сравнению со смесями на основе казеина.

Казеин содержит больше метионина, фенилаланина и гистидина, а сывороточные белки — цистеина, треонина и триптофана. Гидролизаты казеина и сывороточных белков используют как источники азота в гипоаллергенных формулах, а состав аминокислот регулируют дополнением свободных аминокислот. Поскольку гидролизаты казеина придают необычный вкус детским продуктам, то в новых составах этот недостаток устранен за счет применения нескольких видов ферментов, применением специального типа ультрафильтрационных мембран и адсорбционной технологии. В 2005 г. после проведенных клинических испытаний, которые показали хорошие результаты, технология *Ma-mi* была реализована.

В последнее время очень широко стали использовать сывороточные белки при производстве кисломолочных продуктов, в частности йогуртов, как альтернативную замену сухому обезжиренному молоку. Эти белки характеризуются высоким содержанием серосодержащих аминокислот, по содержанию дефицитных незаменимых аминокислот (лизина, триптофана, метионина, треонина) и цистеина они являются наиболее биологически ценной частью белков молока. Кроме того, сывороточные белки обладают высокой влагоудерживающей способностью.

Введение в состав рецептур ингредиентов на основе сыворотки при производстве йогуртов влияет на структуру и качество готового продукта (Д. Луцей, США). Это связано с тем, что высокотемпературная обработка, которой подвергается молоко в ходе технологического процесса при производстве йогурта, приводит к денатурации более 80 % сывороточных белков. Денатурированный в процессе тепловой обработки молока β -лактоглобулин взаимодействует с каппа-казеином на поверхности казеиновых мицелл и далее взаимодействует с мембраной жирового шарика, что приводит к удвоению количества белка, связанного с жиром. Это

усиливает гидрофильные свойства казеина и существенно влияет на структурно-механические свойства сгустка.

Таким образом, использование концентратов сывороточных белков в производстве кисломолочных продуктов позволяет улучшить структуру, снизить отделение сыворотки, обогатить белком и повысить биологическую ценность молочных продуктов.

Одно из инновационных направлений при создании продуктов детского питания — включение в состав продуктов сиаловых кислот (Б. Лаплез, Франция).

Продукты функционального назначения становятся все более и более популярны не только для человека, но и для домашних питомцев. Так индустрия кормов для животных в США является одним из основных потребителей сухой сыворотки (до 50% от выпускаемого объема).

Современный технический уровень обработки молочной сыворотки

Новозеландская компания *Fonterra Ingredients Division* является одной из крупнейших в мире компаний (2-я в мире), перерабатывающей до 14 млрд. т молока в год. Она образовалась в 2001 г. при слиянии молочных хозяйств «Киви», Новая Зеландия и Новозеландского молочного совета. В ее состав входит 23 завода, более 1300 фермеров-акционеров. Компания выпускает более 2 млн. т молочных продуктов в год. Основной ассортимент вырабатываемой продукции: сухое молоко, сыры, масло, белковые продукты и лактоза. Из подсырной и казеиновой сыворотки, полученной при производстве казеина сычужным способом, производят сухую сыворотку и сывороточный белок, а ультрафильтрат направляется на производство лактозы. Сыворотка, получаемая при производстве казеина кислотным способом, перерабатывается на белковые продукты. Компания вырабатывает примерно 400 видов продуктов на основе сывороточного белка, объемом около 20000 т в год, которые экспортируются по всему миру. Для улучшения качества продукции компания внедрила на своих предприятиях системы *GMR* (Оптимальные производственные требования), с помощью которых контролируются все технологические параметры, являющиеся критическими для качества, и *BP* (передовой опыт). Разработаны стандарты по передовому опыту, где даны рекомендации по условиям работы для схожих видов оборудования, таких как ультрафильтрационные установки и вакуум-аппараты. *BP*-система, включающая всю производственную информацию о параметрах, являющихся критическими для рентабельности (работа мембранного оборудования) и некритическими для качества продукта (П. Сигнал, Новая Зеландия).

Главной целью разработки стандартов является оптимизация рентабельности предприятия. Стандарты разработаны по следующим направлениям:

- менеджмент мембран;
- очистка мембранного оборудования;
- работа мембранного оборудования (обработка сыворотки и проектирование установок);
- менеджмент мембранного оборудования (пусковая проверка и мониторинг);
- контроль мембранного оборудования;
- средства диагностики мембран (выявление и исправление недостатков мембран).

Стандарты доступны для операторов, технического и управленческого персонала, которые имеют доступ во внутреннюю электронную сеть. Это дало возможность обслуживающему персоналу самостоятельно устранять неполадки, влияющие на производительность мембранного оборудования. Данный опыт может быть востребован в России, особенно при внедрении нанобиомембранных технологий обработки молочной сыворотки. Компания, особенно в последние годы, решает проблему полного и рационального использования молочной сыворотки на принципах безотходной технологии. Это было ярко продемонстрировано на симпозиуме ММФ «Лактоза и ее производные» сотрудником компании, членом научного программного комитета доктором А. Вильямсом, Новая Зеландия.

Сывороточные белки в процессе обработки часто изменяют свои функциональные свойства (С. Онвулейт и П. Томасула, США). Модифицировать функциональные свойства сыво-

роточных белков можно, применяя экструдирование. При этом получают текстурированные концентраты сывороточных белков (КСБ), изоляты сывороточных белков и сывороточного альбумина, функциональные свойства которых подвержены меньшим изменениям, чем свойства нетекстурированных белков. В процессе экструдирования глобулярная форма белков приобретает вытянутую волокнистую форму. На основе текстурированных белков создана воздушная закуска, содержащая до 35 % КСБ; обогащение конфет типа «Мишки-гамми» текстурированным КСБ, позволило повысить питательную ценность продукта за счет белка. Улучшить функциональные свойства сывороточных белков можно также путем смешивания различных компонентов и фильтрации. Применяя экструдирование, фильтрацию и смешивание, можно изменить растворимость белков молочной сыворотки, гелеобразование и пенящие свойства белков.

В Японии (С. Суидо, Х. Охтомо и С. Куда) регенерировали *L*-карнитин из сыворотки путем хроматографии. Подробная информация в главе 17.

В целом очередная (четвертая) Международная конференция подтвердила — в молочной сыворотке скрыты технологические и коммерческие возможности молочного дела, особенно сыроделия.

Пятая Международная конференция по молочной сыворотке (надеемся, не последняя) прошла в 2008 году в Париже, имела бренд *Wheyvolution*, что можно перевести как «виток сыворотки» и позволила выявить мировые тенденции в переработке сыворотки [44].

На этом ставшем уже доброй традицией форуме было представлено более 50 докладов по различным направлениям переработки и использования сыворотки, как обзорных, так и посвященных отдельным исследовательским работам. На конференции была организована широкомасштабная выставка сыров с дегустацией для всех посетителей. Примечательно, что выставка преподносилась, как показ продуктов от/для получения молочной сыворотки. В финале конференции был устроен ланч (более 100 блюд) из/на основе молочной сыворотки.

Тематику докладов, прозвучавших на конференции, можно сгруппировать по нескольким направлениям (рис. 4.3). Хотя такое деление условно, его можно использовать для краткого изложения материалов конференции и формулировки некоторых выводов, которые изложены ниже.

Маркетинг. Производство сыворотки в мире продолжает расти: примерно от 150 млн. тонн в 2001 году, до 170 млн. тонн в 2006, причем до 75 % общего объема обеспечивается Европейским союзом и США. Эти страны являются также самыми крупными экспортерами продуктов из сыворотки (80 %). К основным продуктам переработки относят сухую сыворотку и пермеат (59 %), деминерализованную и делактозированную сухую сыворотку (10 %), концентраты сывороточных белков (КСБ, 12 %) и лактозу (19 %). Быстрее всего в последние годы росли объемы КСБ (в 2 раза с 2001 по 2007 год) и пермеата (примерно в 1,5 раза). Отмечается растущее потребление продуктов из сыворотки в Китае, Бразилии и России. Что касается цен, то для большинства продуктов из сыворотки (особенно сухой сыворотки и лактозы) они резко выросли в 2007 году, как в Европе, так и в Америке, после чего упали, и в настоящее время находятся примерно на уровне 2005 года. Отмечается, что рынок многих продуктов из сыворотки является глобальным и достиг высокого уровня консолидации, что требует создания стратегических альянсов (доклады Ф. Виссер и Т. Аффертшолт).

Приступая к созданию стратегии переработки сыворотки, производители должны ответить на три простых вопроса — три *W* — (Т. Аффертшолт):

- **WHAT (ЧТО)?** (Что нужно производить, какими функциональными и потребительскими свойствами эти продукты должны обладать);
- **WHAT (КАК)?** (Как это можно сделать, есть ли необходимые технологии, оборудование и персонал);
- **WHO (КТО)?** (Кто будет являться потребителем этой продукции — молочная, кондитерская, хлебопекарная отрасль, медицина и т. д.).

Процессы обработки сыворотки 6%

Лактоза и производные 13%

Другие 9%

Маркетинг 11%

Применение сыворотки
и продуктов из нее 19%



Получение,
модификация
и применение
сывороточных
белков 42%

Рис. 4.3. Тематика докладов на конференции по молочной сыворотке (Париж, 2008)

При ответе на первый вопрос переработчики должны учитывать деление сывороточных продуктов на три группы по уровню добавленной стоимости. К первой группе относятся: сухая сыворотка, деминерализованная сухая сыворотка, КСБ 35 (концентрат сывороточного белка с содержанием белка 35%), лактоза, сухой пермеат. Во вторую группу, имеющую более высокую добавленную стоимость, попадают КСБ 80, минеральные вещества (кальций и др.), лактоза для фармацевтики. К третьей относятся изоляты и гидролизаты сывороточных белков, белковые фракции, производные лактозы. Для выгодного производства затратных, но имеющих высокий потенциал продуктов, необходимы высокая концентрация производств сыра и казеина, а также способность фирмы к большим финансовым инвестициям.

Процессы обработки молочной сыворотки. Для деминерализации сыворотки используются процессы ионообмена, нанофильтрации, электродиализа (отдельно или в комплексе). Обычно деминерализация проводится до 30, 60 или 95 % уровней. При получении сывороточных белков и их производных широко используются мембранные процессы: микрофильтрация, диафильтрация, ультрафильтрация.

Современные методы модификации сывороточных белков, основанные на комбинации мембранных методов, гидролиза и высокого давления, позволяют увеличить биологическую активность, снизить аллергенность, увеличить степень адсорбции аминокислот и улучшить пищеварение, повысить функциональные свойства — термостабильность, прозрачность растворов, текстурирующие свойства. Особый интерес представляет модификация альфа-лактальбумина, из которого после частичного гидролиза и специальной обработки с использованием ионов кальция образуются нанотрубки, которые стабильны при нагревании и могут быть использованы для получения гелей-загустителей, инкапсулирования, получения нанопроволоки, а также в тканевой инженерии (Р. Флорис).

На конференции были приведены данные изучения процессов затвердевания сыворотки и агрегирования белка как основной причины затвердевания энергетических батончиков для спортивного питания в процессе хранения (Т. Лабуза).

Ферментативная обработка сыворотки и отдельных ее компонентов рассматривается как важнейший инструмент для создания функциональных продуктов (Л. Фишер). При этом используются как микроорганизмы, так и ферменты, в т. ч. иммобилизованные. Культивирование дрожжей *Kluyveromyces marxianus* позволяет получать белковые добавки для кормов, *Cryptococcus curvatus* — продукты с высоким содержанием олеиновой кислоты, которые могут использоваться как биотопливо, *Candida boidinii* — биологические поверхностно-активные вещества. Молочная сыворотка — универсальная среда для культивирования молочнокислых микроорганизмов при получении молочной кислоты, производство которой достигло 80 000 т/год, и для экзополисахаридов. Молочная кислота применяется в химической (как

реагент в процессах синтеза) и пищевой промышленности (в качестве консерванта и подкислителя), а также может быть использована для получения биodeградируемых полимеров. Показана эффективность применения ферментированной кислой сыворотки, обладающей антиоксидантными свойствами, для формирования оболочек нарезанных овощей и фруктов и увеличения сроков их хранения.

Доказана эффективность применения сывороточного продукта, ферментированного пробиотическими штаммами *Lactobacillus kefirano faciens*, для контроля веса, холестерина, стимуляции иммунитета, при повышенном давлении, диабете 2-го типа, воспалительных заболеваниях (И. Симард).

Применение молочной сыворотки и продуктов из нее. Продукты из сыворотки применяются в основном в питании (36%), кормлении (21%), нутрицевтике и фармацевтике (43%). На конференции неоднократно отмечалось, что объем продукции лечебно-профилактического направления на основе сыворотки растет в последнее десятилетие быстрыми темпами.

Области использования сыворотки в пищевых отраслях промышленности показаны на рис. 4.4.

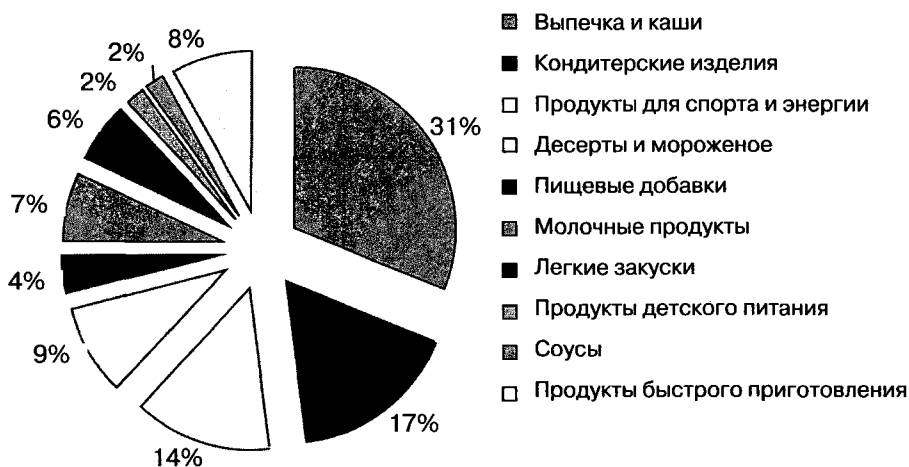


Рис. 4.4. Направления применения сыворотки в пищевой промышленности (по П. Маннион)

К наиболее перспективным, быстро расширяющимся секторам относится производство энергетических батончиков для спортивного питания, а также легких закусок (снеков). В кондитерской промышленности наиболее широко используются лактоза, сухая сыворотка, сывороточно-белковые концентраты и изоляты. Компоненты сыворотки участвуют в формировании консистенции, вкуса и запаха шоколада, конфет, печенья и др. кондитерских изделий.

Продукты из сыворотки незаменимы при создании формул смесей детского питания. Такие смеси приближены к составу женского молока по белковому и углеводному компонентам и особенно по биологически активным веществам.

Биологически активные сывороточные фракции могут быть использованы для целевого (лечебно-профилактического, функционального) питания благодаря целому ряду положительных эффектов: антимуtagenному, антиканцерогенному, антимикробному, антивирусному, кардиоваскулярному, иммуномодулирующему, антиоксидантному, противовоспалительно-му. Клинически доказана возможность эффективного применения продуктов из сыворотки

(особенно производных белков и лактозы) при лечении и профилактике диабета, гипертонии, заболеваний кишечника, покровных и костных тканей, иммунодефицитах, инфекциях, осложнений после хирургических вмешательств,

Важная проблема, которая неоднократно упоминалась на конференции и в решение которой могут внести вклад переработчики сыворотки — проблема избыточного веса и ожирения. Установлено, что сывороточные белки влияют на чувство насыщения (благодаря чему человек может меньше есть), а также на скорость усвоения пищи, что позволяет человеку управлять своим весом.

Высокобелковые продукты, содержащие сыворотку, широко используются для питания спортсменов и посетителей тренажерных залов, т.к. способствуют правильному формированию мышц и устойчивости к высоким физическим нагрузкам.

Высокая патентная активность в области применения сыворотки для питания спортсменов и для снижения веса (40 % патентов в 2006–2007 годах) свидетельствует об актуальности этого направления.

Продукты из сыворотки предложено также использовать против стресса, для повышения познавательных способностей, в косметике и при уходе за ротовой полостью.

Хорошей иллюстрацией роста интереса к компонентам сыворотки является цифра, приведенная в докладе Т. Аффертшолт: в 2006–2008 годах на рынке появилось 2 419 новых продуктов с использованием сывороточных белковых концентратов.

Получение, модификация и применение сывороточных белков. Как видно на диаграмме, доминирующее положение в тематике ведущих научных центров занимает исследование свойств и процессов производства белков из сыворотки, а также продуктов с их использованием. Эта тенденция характерна для последних конференций по сыворотке (2001 года в Мюнхене и 2005 года в Чикаго).

Доклад Ф. Морган представляет этапы развития технологии сывороточных белков. В 70-е годы прошлого века было организовано промышленное производство WPC35 — концентрата сывороточных белков, содержащего 35 % белка, полученного с использованием ультрафильтрации и обладающего влагоудерживающей, гелеобразующей и эмульгирующей способностью. 80-е годы ознаменовались разработкой технологии WPC80 и WPI (изолята сывороточных белков) — концентратов, полученных с использованием ультрафильтрации, диафильтрации и хроматографии, что позволило улучшить технологические свойства, в частности, улучшить их гелеобразующую и пенообразующую способность.

Следующим этапом (90-е годы) стало получение нативных растворимых молочных белков на основе применения микрофильтрации и денатурации. Изменяя условия этих процессов, можно воздействовать на структуру белка, увеличить влагоудерживающую способность, термостабильность (т.н. мицеллярные сывороточные белки), создать кремообразную текстуру в низкожирных продуктах путем микропартикуляции сывороточных белков.

Более высокий уровень современного развития технологии — получение отдельных белковых фракций, обладающих антимикробными свойствами: нативного альфа-лактальбумина, бета-лактальбумина, лактоферрина и лактопероксидазы. При этом используется комплексная мембранная обработка и/или ионообмен. Еще одно направление высоких технологий в этой области связано с направленным и контролируемым гидролизом белка. Так могут быть получены гипоаллергенные и неаллергенные гидролизаты с антиоксидантными свойствами и снижающие гипертоническое давление; биоактивные пептиды, которые являются факторами роста, способствуют заживлению ран и лечению заболеваний кожи и кишечника.

К основным методам модификации сывороточных белков относятся денатурация и агрегация, гидролиз, дезаминирование, гликозилирование, добавление других полимеров. Биоактивные пептиды могут быть получены как при ферментации с использованием стартерных культур, так и протеолизом с использованием ферментов.

Экстрагированные и стабилизированные сывороточные белки могут быть использованы для инкапсулирования с целью сохранения и доставки ценных компонентов другого сырья, например, растительного. В частности, сыворотка может быть использована для сохранения водо- и жирорастворимых биологически-активных веществ фруктов и овощей (например, в продукте лакто-ликопен) (Дж. Герман).

В ряде докладов на конференции было показано, что аминокислотный состав белков влияет на функции желудочно-кишечного тракта и его микрофлору, структуру тела (соотношение мышц и жира), энергетический метаболизм, инсулин-глюкоза, иммунитет, воспалительные процессы, проблемы насыщаемости и использования энергии. Высокобелковая диета может быть использована для сокращения веса, повышения физической активности, синтеза белка мышц, оказывает влияние на структуру костей.

Примером практической реализации научных исследований является промышленно производимый препарат «Остеопонтин» — многофункциональный сывороточный белок, который стимулирует и регулирует иммунитет, участвует в метаболизме костной ткани, применяется в детском питании, для лечения ран и гигиены полости рта (А. Йоргенсен).

Лактоза и производные. Сохраняет актуальность направление «Получение лактозы и ее производных». Особое внимание было уделено ферментативной обработке лактозы с целью получения безлактозных и низколактозных продуктов, глюкозы, галактозы и тагатозы, а также бифидогенных галактоолигосахаридов (ГОС). Установлено, что смеси галактоолигосахаридов и фруктоолигосахаридов в питании детей оказали положительное влияние на микрофлору кишечника и иммунитет, и могут использоваться при лечении дерматитов и инфекций, снижают риск аллергии. Хорошие результаты получены и при клиническом применении синбиотиков с ГОС после хирургического вмешательства.

Представляют интерес данные (Л. Фишер) о необычном биокатализаторе, устойчивом при 100 °С — ферменте *CelB* из *Pyrococcus furiosus* — экстремально термофильного вида домедна археобактерий. Имобилизованный *CelB* был использован при обработке пермеата сыворотки при 75 °С, что позволило получить до 20 % лактулозы — первый значимый выход при использовании биотехнологического метода. Лактулоза, как известно, применяется не только в медицине для лечения хронических запоров и портальной системной энцефалопатии, но и в продуктах питания пребиотической направленности.

Новое направление — получение новых биоактивных компонентов нативных сывороточных олигосахаридов, которые способствуют разрушению микробов, вирусов и токсинов.

Актуальным является совершенствование процессов кристаллизации лактозы, современные методы которой были представлены в докладе П. Шук.

На конференции были также затронуты вопросы обоснования необходимости использования молочного сырья в питании с точки зрения геномики, поиска правильного перевода языка науки на язык потребителей широкого круга, учета особенностей требований разных потребителей (например, детей), проблема лактозной непереносимости и др.

В заключение необходимо выделить несколько основных выводов, которые прозвучали в выступлениях ведущих ученых:

- за последние 40 лет каждый технологический скачок приводил к получению новых ингредиентов сыворотки с улучшенными функциональными свойствами;
- сыворотка — это «ящик инструментов» для конструирования структуры, текстуры и функциональных свойств продуктов;
- перспективными являются низкотемпературные процессы обработки сыворотки — сверхвысокое давление, холодное гелеобразование и др., а также методы формирования сывороточных пленок, оболочек, гелей и эмульсий;
- изучение роли сывороточных белков в питании человека приносит новые открытия и продолжает оставаться актуальным.

В заключение этого подробного, но не полного обзора (детали по ходу изложения материала), можно уверенно констатировать, что новый виток изучения молочной сыворотки связан с углублением в структуру и свойства ее компонентов, причем в этих глубинах найдены замечательные жемчужины — вещества, помогающие сохранить здоровье человека. И это является доказательством феномена молочной сыворотки, ее компонентов и их производных.

4.3.5. Симпозиум ММФ «Лактоза и ее производные»

Знаковым этапом международного сотрудничества в области молочного дела и объекта настоящей монографии стал симпозиум «Лактоза и ее производные», проведенный по долгосрочному плану Международной молочной федерацией (ММФ) в нашей стране (г. Москва, май, 2007) [45, 46, 47].

Следует отметить, что научные мероприятия ММФ не проводились по ряду причин в нашей стране в течение 25 лет. К тому же Международный симпозиум «Лактоза и ее производные» был совмещен по срокам с региональной Конференцией ММФ «Кисломолочные продукты и питание», которая по существу была связана с основным объектом симпозиума (брожение лактозы для получения метаболитов-производных).

Проведение этих мероприятий ММФ осуществлялось по инициативе Национального комитета РФ по молочному делу и Российского Союза предприятий молочной отрасли (МСР). Естественно, с согласия Правительства РФ. Устроителями являлись совместно СевКавГТУ и ВНИМИ, которые осуществляли основную подготовительную деятельность в течение трех лет в рамках двух комитетов — организационного и научно-программного по специальному плану, утвержденному секретариатом ММФ. В нашу страну (СевКавГТУ, г. Ставрополь) даже приезжал технический директор ММФ Й. Зайферт с целью проверки, которая подтвердила, что уровень наших работ соответствует международным стандартам.

Проведение столь значительных мероприятий ММФ было бы невозможно без всесторонней поддержки партнеров симпозиума и конференции. Главным партнером мероприятия выступило ОАО «Вимм-Билль-Данн», генеральным партнером фирма «Тетра-Пак». Золотым партнером стала компания *Danisco*. Серебряными партнерами являлись компании «Валио» (Финляндия с представительством в Санкт-Петербурге), «Мега» (Чехия с представительством в Ставрополе) и ООО «Хладокомбинат» (г. Черкесск), а также целый ряд отечественных и зарубежных спонсоров. Информационную поддержку мероприятий оказали журналы «Молочная промышленность», «Переработка молока», «Сфера» (РФ), «Молочная промисловість» (Украина), *Il Latte* (Италия) и др.

Симпозиум и конференция привлекли внимание мировой научной общественности в области молочного дела. Количество участников мероприятий превысило 300 человек из 32 стран. Наиболее представительные делегации прибыли из Японии, США, Канады, Индии, Австралии, Финляндии, Чехии и Новой Зеландии. Делегация нашей страны превышала 100 человек. В соответствии с заявленной ММФ Программой 394 автора от 97 организаций из 30 стран представили 233 материала, которые были анонсированы в 39 устных докладах и 184 постерных сообщениях (рекорд для мероприятий ММФ подобного рода). Часть материалов демонстрировалась на выставке-презентации с показом продукции и ее дегустацией. Ниже представлен краткий анализ научной тематики Симпозиума по Секциям с аннотацией и резюме.

Секция 1. «Лактоза и ее свойства». Доклады были посвящены современным проблемам химии и физики углеводов молока, особое внимание было уделено:

— влиянию свойств лактозы и различных факторов (температура, концентрация лактозы, наличие примесей загрязняющих веществ) на закономерности кристаллизации лактозы из пересыщенных растворов;

- современным аналитическим методам количественного определения лактозы в молоке и молочных продуктах;
- компьютерному моделированию и прогнозированию физических и химических свойств лактозы;
- развитию промышленного производства и рынков сбыта продуктов на основе лактозы и ее производных.

Анализ содержания устных докладов позволяет выделить следующие тенденции развития науки и техники в области познания лактозы.

1. Получение новых фундаментальных знаний о кинетике кристаллизации лактозы.
2. Разработка высокочувствительных методов определения лактозы применительно к технологии молочных продуктов третьего поколения.
3. Применение искусственного интеллекта при создании высоких технологий продуктов на основе лактозы и ее производных.

Секция 2. «Технологии и продукты». Представлены следующие аспекты совершенствования технологии молочного сахара:

- хроматографическое выделение и очистка лактозы, применение метода в молочной промышленности;
- технология тритурационного формования при производстве лактозы в таблетированной форме;
- теоретические и практические аспекты получения лактозы из побочных продуктов переработки сыворотки и ее пермеатов;
- предотвращение пригорания при производстве сухой лактозы.

Анализ устных докладов, представленных в рассматриваемой секции, дает возможность отметить следующие направления совершенствования технологии молочного сахара.

1. Применение промышленных технологических методов хроматографии с целью получения высокоочищенных форм лактозы и удаления неуглеводных примесей.
2. Получение новых потребительских форм лактозы — сухой таблетированной.
3. Разработка ресурсосберегающих технологий производства молочного сахара.

Секция 3. «Производные лактозы». Рассматривались следующие теоретические и практические аспекты получения производных лактозы:

- перспективные технологии производства лактулозы;
- ферментативные методы производства галактоолигосахаридов;
- новые энзиматические методы получения лактобионовой кислоты;
- ферментативная трансформация лактозы и белков молочной сыворотки;
- получение и практическое использование продуктов карамелизации лактозы.

Содержание рассмотренных выше докладов связано со следующими направлениями совершенствования технологии производных лактозы.

1. Разработка высокоэффективных реагентных, безреагентных и ферментативных методов получения производных лактозы (лактулозы, гидролизатов лактозы, лактобионовой кислоты, галактоолигосахаридов).

2. Производство биологически безопасных пищевых красителей на основе лактозы.

Секция 4. «Углеводы молока и питание». Доклады отражают результаты научных исследований по следующим направлениям:

- положительное влияние пребиотиков на здоровье человека на примере лактулозы и галактоолигосахаридов;
- роль углеводов в детском питании;
- проблема непереносимости лактозы и получение низколактозных молочных продуктов;
- функциональные ингредиенты в кисломолочных напитках и продуктах из молочной сыворотки.

Рассмотрение докладов, включенных в секцию 4, позволяет отметить некоторые аспекты развития современной науки о питании:

1. Возрастающая роль пребиотических биологически активных добавок при производстве продуктов функционального питания.
2. Оптимизация рациона углеводного питания детей и взрослых.
3. Необходимость получения молочных продуктов с пониженным содержанием лактозы для людей, страдающих лактозной intolerантностью.

Тезисы постерных докладов были посвящены целому ряду актуальных проблем, связанных с получением лактозы и ее производных:

- интенсификации технологических процессов и аппаратурного оформления производства молочного сахара и продуктов на основе химической, безреагентной, энзиматической и микробиологической трансформации лактозы;
- новым подходам в решении проблемы непереносимости лактозы на основе нанотехнологии;
- обеспечению биологической безопасности продуктов на основе лактозы и ее производных;
- прогностическим решениям в технологии лактозы и ее производных с использованием искусственного интеллекта;
- повышению экономической эффективности производства и сбыта продуктов на основе лактозы.

В целом тезисы докладов охватывают весь спектр вопросов по химии, физике, технологии, аппаратурному оформлению получения и использования лактозы и ее производных. Следует отметить, что постерные работы молодых ученых были отмечены специальными грамотами ММФ. В частности были выделены пять лучших работ, в том числе одна работа специалистов ТСХА, одна работа СевКавГТУ, одна работа ВНИМИ и две работы, выполненные совместно с Южно-Корейским институтом с/х *RDA*.

Кульминацией мероприятий стала церемония вручения специальной премии им. И. И. Мечникова, впервые учрежденной ММФ по случаю 100-летия выхода в свет его книги «Этюды оптимизма» в которой впервые было указано на роль молочнокислых организмов в укреплении здоровья человека.

Оценивая логику инновационных приоритетов по лактозе и ее производным в свете анализа результатов Международного саммита по теме настоящей монографии, как председатель научного программного комитета симпозиума, считаю возможным кратко отметить следующее.

Уникальность лактозы — одного из основных компонентов секрета пищи млекопитающих, как сахара жизни, ее место и роль в технологии живых систем земной биосферы (биоценоза) можно представить в виде гипотетической схемы, что показано на рис. 4.5.

В соответствии с приведенной схемой иерархия использования получаемой в мире лактозы (молочного сахара) классифицируется по следующим направлениям:

- вскармливание новорожденного;
- производство (получение) молочных продуктов;
- использование молочных продуктов в питании человека;
- производство (получение) кормовых средств;
- использование кормовых средств для сельскохозяйственных животных;
- производство и использование молочного сахара;
- производство и использование производных молочного сахара.

Последние два направления являлись предметом рассмотрения на прошедшем симпозиуме. Первые четыре направления в той или иной мере освещены на региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание».

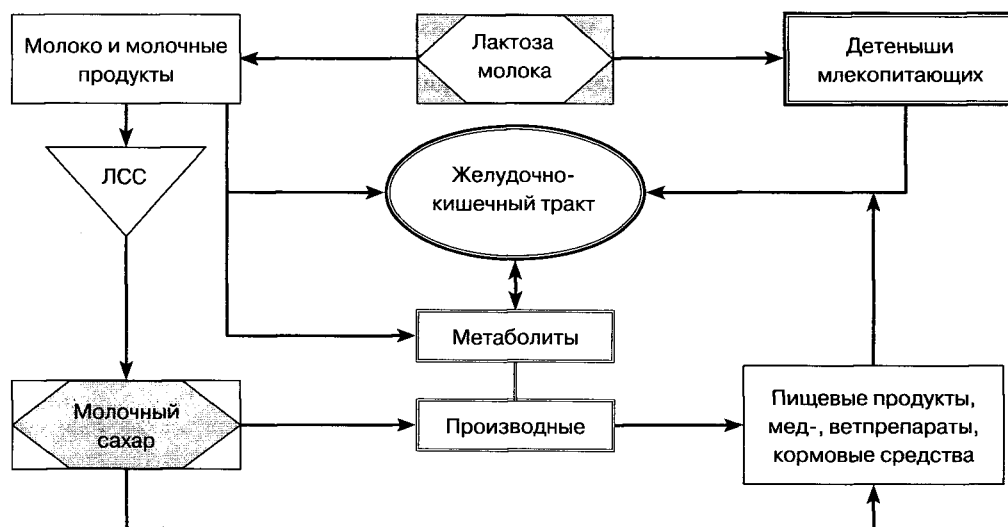


Рис. 4.5. Гипотетическая схема места лактозы в технологии живых систем

Получение молочного сахара (лактозы) из вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности — лактозосодержащего сырья (ЛСС) реализует концепцию безотходного производства, исключает загрязнение окружающей среды и дает в наше распоряжение удивительный углевод и его производные для обогащения продуктов питания, напитков, медпрепаратов, кормовых средств и технических полуфабрикатов.

Особый интерес на симпозиуме был проявлен к синтезу производных лактозы. Теоретически информационная емкость производных лактозы не ограничена: из двух гексоз возможен синтез 56 изомеров дисахаридов, из трех — 4896 изомерных трисахаридов, из четырех — 374 784 тетрасахарида, а из восьми уже 1 645 056 трисахаридных «слов». Безусловно, эта информация носит чисто познавательный характер, на практике интерес представляет несколько десятков производных лактозы. В частности применительно к лактозе в настоящее время говорят о пяти изомерах. В промышленности известны всего два, а производится в нашей стране пока только один аналог лактозы — альфа-гидрат в кристаллическом виде. Таким образом, реализовано менее 10 % возможной информационной емкости, а поле деятельности для инноваций исследователям бесконечно.

Формирование информационного поля Симпозиума включало подготовку и публикацию целого ряда статей (журнал «Молочная промышленность» № 4, 2005; № 10 2005; № 2 2007; № 4 2007; спецвыпуск научных трудов СевКавГТУ, Серия «Продовольствие» за 2006 г.; тематическая подборка «Лактоза и ее производные» за 1998–2005 гг. из научных трудов СевКавГТУ — 192 статьи; сайт в Интернете www.laktose.ru и др.); выпуск сборника устных и постерных докладов объемом более 50 п. л.; подготовку специального доклада научного программного комитета «Место и роль лактозы в биоценозе планеты» на русском и английском языках. Авторский коллектив (проф-ра Б. М. Синельников, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, А. В. Серов) лауреатов премии Правительства РФ в области науки и техники по тематике симпозиума подготовил и выпустил в свет и презентовал за счет средств Молочного союза России (100 тыс. руб.) участникам симпозиума, прежде всего зарубежным коллегам, специальную монографию «Лактоза и ее производные». В монографии изложено наше (российское) видение тематики симпозиума с учетом мирового уровня. Она полностью соответствует приоритетам национальных проектов в области

АПК, образования и медицины и особенно актуальна в преддверии вступления России в ВТО и интеграции с ЕЭС. Следует отметить, как честь и признание значимости отраслевой науки в родном Отечестве, что издание было поддержано на высшем организационно-финансовом уровне государства в виде гранта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 07–08–07026 на конкурсной основе. Тираж монографии разослан по университетам мира и представлен в распоряжение всех заинтересованных профессионалов и обучающихся молочному делу.

Системный анализ результатов симпозиума уже начат (журнал «Молочная промышленность», № 7, 2007; Вестник СевКавГТУ № 3 (13) за 2007 г. и др.). В развитие информационного файла можно добавить работу, проводимую творческим коллективом научного направления «Живые системы» и НИИ биотехнологии продуктов питания СевКавГТУ по систематизации тематики симпозиума профессионалами по ключевым направлениям получения и использования лактозы и ее производных. Подготовлена к изданию англоязычная версия полного текста устных докладов, которая через ММФ представляется в распоряжение национальных комитетов по молочному делу стран — членов ММФ. Русскоязычная версия докладов в стадии подготовки (перевод) и будет издана с учетом спонсирования заинтересованных организаций и специалистов. В портфеле инноваций симпозиума масса профессиональных и эмоциональных отзывов о симпозиуме и пребывании в нашей стране зарубежных специалистов — участников и гостей, что дает основание для его позитивной оценки и продолжения активной работы по тематике.

Для примера актуальности и результативности симпозиума можно указать на уникальную проблему непереносимости лактозы, которая существует во всем мире, и ее оригинальное решение в работе сотрудников института общей генетики им Н. И. Вавилова РАН. Ассоциация персистенции лактазы аллеля *T*-полиморфного маркера с варьированием у популяций млекопитающих от 36,6 до 88,2% и последующим обоснованием иерархии генотипов — это прорыв в познании и решение практической задачи мирового масштаба. Или предложение первого отечественного производителя лактулозы, нашего соавтора по премии правительства РФ, президента холдинга «Фелицата» С. А. Киселева по переходу на выпуск медпрепаратов, в частности антибиотиков бренда «Экобиотики» с лактулозой (детали в главе 21). Оно в принципе меняет все воззрения на систему биоценоза внутренней среды человека, принимающего медикаменты, ПД и БАВ. Безусловно, сенсационными оказались доклады по молекулярному моделированию, безреагентной изомеризации лактозы и управляемому таблетированию молочного сахара и его производных. При этом реально реализованы принципы нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий (о которых так много говорят в последнее время) на уровне кластеров с размером 1,0 нм (нанометра).

Особую значимость симпозиуму придало одновременное проведение региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание», на которой фактически рассматривались проблемы метаболизма лактозы; синтеза ее производных в кисломолочных напитках; анализа места и роли в технологиях живых систем. Конференция была посвящена 100-летию выхода в свет монографии «Этюды оптимизма» выдающегося физиолога, лауреата Нобелевской премии, нашего соотечественника Ильи Ильича Мечникова и завершилась присуждением премии ММФ имени И. И. Мечникова по трем номинациям. Итоги конференции и информация по лауреатам премии требуют отдельного освещения школой академика В. Д. Харитоновой — инициатора и организатора мероприятий.

В целом, анализируя итоги симпозиума и региональной конференции, хотелось бы подчеркнуть их значимость для молочного дела нашей страны и в глобальном масштабе, как пример целенаправленного информационного освещения одной из актуальных проблем отрасли в плане феномена молочной сыворотки (сырье), компонентов (лактоза) и производных (например, лактулозы).

4.3.6. Международные научно-технические семинары

Некоммерческое образовательное учреждение (НОУ) «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности» (директор Е. Л. Кутузова) при ВНИМИ (директор акад. В. Д. Харитонов) с участием и при активной поддержке СевКавГТУ (ректор акад. Б. М. Синельников, зав. каф. проф. И. А. Евдокимов), начиная с 2006 года системно проводит мероприятия, на которых полностью или частично рассматриваются вопросы, связанные с переработкой и использованием молочной сыворотки, ее компонентов и их производных. Эти мероприятия имеют, как правило, международный статус (по составу участников) и являются заметными событиями для специалистов отрасли. Ниже кратко освещается содержательная часть тематики мероприятий во временной последовательности.

Международный научно-практический семинар «Современные направления переработки сыворотки» (г. Ставрополь, июнь 2006 г.). Семинар полностью был посвящен переработке молочной сыворотки. Работа семинара проходила по нескольким направлениям (секциям).

1. Целесообразность переработки сыворотки. Состояние переработки сыворотки в РФ и за рубежом.
2. Методы обработки молочной сыворотки. Продукты переработки сыворотки.
3. Технологии использования сыворотки.
4. Аппаратурно-процессовое оформление технологий обработки сыворотки.
5. Особенности хранения продуктов из сыворотки. Проблемы упаковки.

По материалам семинара были опубликованы тезисы докладов 208 авторов, представляющих 38 научных и промышленных предприятий отрасли.

Генеральной идеей и основной задачей в области использования сыворотки остается безотходность ее технологий, т.е. полное и рациональное использование всех компонентов. Именно этим вопросам была посвящена большая часть докладов (рис. 4.6).

Анализ тематики докладов показывает, что наряду с совершенствованием классических технологий переработки сыворотки (напитки, десерты, сухая сыворотка, кормовые продукты) — 18% от общего числа докладов, развиваются технологии глубокой переработки сыворотки: мембранная обработка, получение производных лактозы.

В области создания функциональных продуктов также выделяется ряд направлений. Поскольку сыворотка обладает уникальным составом, технологична и объёмы её производства велики, то она может являться хорошей основой для создания продуктов здорового питания путем обогащения специальными ингредиентами. На этом принципе основан ряд структурных сывороточных продуктов. Кроме того, биологически активные вещества можно получать непосредственно из компонентов сыворотки. Чаще всего это технологии конверсии углеводного компонента лактозы в известный пребиотик — лактулозу. Лактулоза может выделяться из сыворотки или играть роль пребиотического компонента бифидогенных добавок. Повышенный интерес к функциональным сывороточным продуктам вполне понятен, т.к. их производство позволяет решить ряд важных социально-экономических проблем: полное и рациональное использование сырьевых ресурсов молочной промышленности и повышение эффективности и экологичности производства, возможность выпуска продуктов функционального назначения, доступных всем слоям населения.

Довольно большая часть докладов была посвящена кормовым продуктам из молочной сыворотки. В настоящее время это один из наиболее распространенных способов переработки сыворотки. Но современные технологии кормовых продуктов направлены на повышение питательной и биологической ценности кормовых добавок из сыворотки за счет сочетания сырья растительного и животного происхождения, направленной изомеризации углеводного компонента, использования витаминных премиксов.

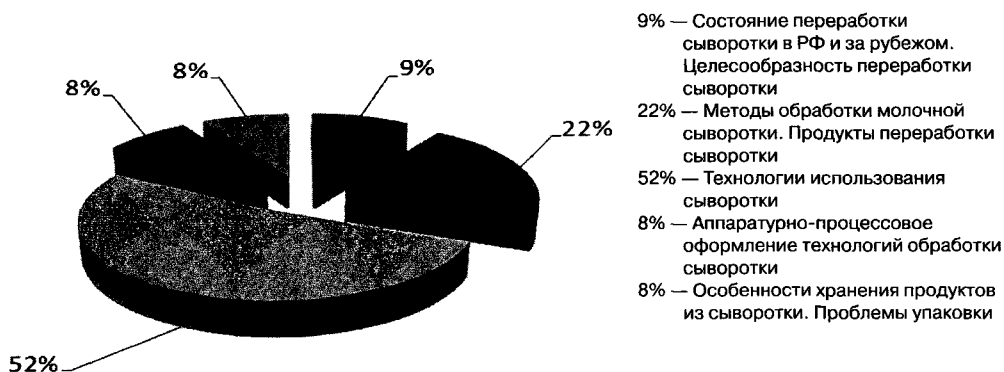


Рис. 4.6. Распределение тематик докладов семинара «Современные направления переработки сыворотки»

В секции, рассматривающей аппаратурно-процессовое обеспечение переработки молочной сыворотки, большинство докладов касалось перспектив мембранной обработки сырья. Фракционирование молочного сырья с использованием мембранных методов позволяет не только выделять белковую фракцию вторичного сырья в нативной форме, но и увеличивать степень использования сухих веществ молока при выработке белковых продуктов, например, ультрафильтрация молока-сырья при производстве сыров.

Использование процессов деминерализации целесообразно при утилизации соленой и кислой сыворотки, особенно при выработке сгущенного и сухого продукта, т. к. молочная кислота и соли, во-первых, существенно затрудняют процесс кристаллообразования, а, во-вторых, осложняют проведение сушки и ухудшают качество конечного продукта.

Нужно отметить, что особое внимание уделялось безопасности и качеству продуктов из сыворотки. Различные виды сыворотки включаются в состав продуктов детского питания, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, мясных и молочных продуктов, заменителей обезжиренного и цельного молока. Вместе с тем микробиологические особенности сыворотки изучены недостаточно, вследствие чего возможно дополнительное обсеменение готовых продуктов и возникновение пороков.

Как один из вариантов предотвращения возникновения микробиологических пороков предлагается использование термизации сыворотки: низкотемпературной тепловой обработки (термизации) молочной сыворотки, с последующей ее выдержкой при определенной температуре (патентная чистота) и охлаждением для резервирования. После данной обработки охлажденная молочная сыворотка способна храниться без изменений ее свойств в течение 48 часов. При этом первоначальная бактериальная обсемененность молочной сыворотки падает на три порядка (на два порядка после термизации и еще на порядок в результате выдержки: $n \cdot 10^7 \rightarrow n \cdot 10^5 \rightarrow n \cdot 10^4$ КОЕ/см³, при n от 1 до 9), полностью уничтожаются БГКП. Кислотность снижается на 2 °Т. Низкотемпературная тепловая обработка молочной сыворотки позволяет производить процесс нагревания на пластинчатом пастеризаторе, не опасаясь залипания установки казеиновой фракцией белка.

Таким образом, научно-практический семинар «Современные направления переработки сыворотки», проходивший в 2006 г. позволил осветить практически все аспекты переработки уникального вторичного молочного сырья — молочной сыворотки, начиная от ее первичной обработки и заканчивая процессами глубоких преобразований основных ее компонентов. Одновременно были определены перспективные направления промышленной переработки и использования молочной сыворотки. Особое удовлетворение вызывает наличие мощных

школ (действующих творческих коллективов), перечисленных во введении и главе 3, а также тяга молодежи к проблематике настоящей монографии, что воспринималось мною в 70-летний юбилей, как дар судьбы и «гимн молочной сыворотке»!

Международная научно-практическая конференция «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования» (Ставрополь, июнь, 2008 г.) имела специальный раздел — промышленная переработка получаемой молочной сыворотки. Из 117 докладов 103 авторов, примерно половина была связана с тематикой по молочной сыворотке. На рис. 4.7 показана диаграмма распределения тематики.

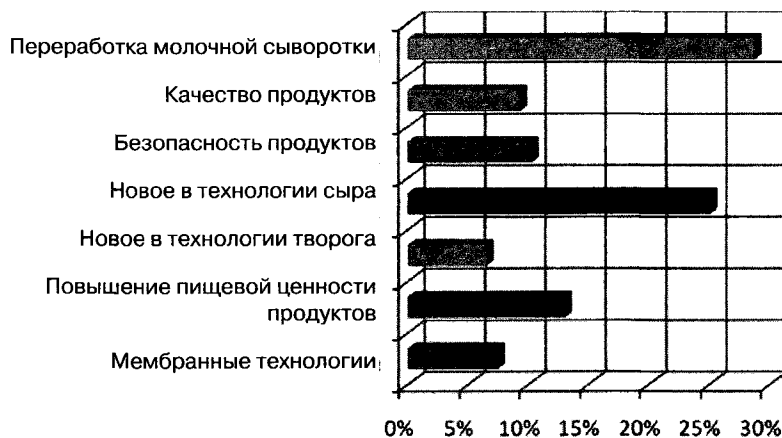


Рис. 4.7. Распределение тематик докладов научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования»

Анализируя доклады секции «Рациональное использование сыворотки на предприятиях молочной отрасли» следует отметить, что тенденции, сформулированные на семинаре 2006 г., сохранились.

Большое внимание уделено производству сывороточных напитков пробиотического и синбиотического действия, что вполне объяснимо. Это технологии, не требующие значительных финансовых затрат. Напитки изготавливаются из вторичного молочного сырья: пастеризованной творожной, подсырной, осветленной сывороток, ультрафильтрата (пермеата) с добавлением или без добавления пробиотических кисломолочных напитков «Биобактон», айран, а также кефира или пребиотика лактулозы и ингредиентов немолочного происхождения (натурального подсластителя «Свита», сахара, экстрактов лекарственных трав, пряно-ароматического сырья, соков, сиропов, изюма, минеральной воды, углекислоты, поваренной соли или пищевых волокон).

Одним из направлений в получении биологически обработанных напитков на основе молочной сыворотки является производство продуктов с пониженным содержанием лактозы. Гидролиз позволяет придать сыворотке новые свойства и расширить возможности для ее переработки на напитки. Предварительная ферментация сыворотки позволяет обеспечить повышение степени ее сладости примерно в 3 раза. Дает возможность употреблять напитки людям, страдающим от непереносимости лактозы.

Производство других функциональных продуктов на основе молочной сыворотки в основном связано с изомеризацией лактозы в лактулозу, обогащением таких продуктов фер-

ментативными гидролизатами сывороточных белков. Развивается и новое направление конформации углеводного компонента до галактоолигосахаридов — (ГОС) — класс неперевариваемых олигосахаридов, производных лактозы, обладающих пребиотической активностью.

Перспективное направление переработки сыворотки — производство белковых продуктов. Мягкий сыр «Кавказ» вырабатывается путем термокислотной коагуляции белков несепарированной подсырной сыворотки и обезжиренного молока. Сывороточный сыр «Лактолиз» вырабатывают из подсырной деминерализованной сыворотки, обезжиренного молока, масла сливочного или пластических сливок, с добавлением или без добавления бифидогенного фактора — лактулозы, вкусовых и ароматических наполнителей.

Процессы, актуальные для улучшения качества молочной сыворотки-сырья связаны с термизацией для обеспечения ее высоких микробиологических показателей и электродиализной обработкой соленой и кислой сыворотки. При степени деминерализации творожной сыворотки 50 %, получаемый сгущенный или высушенный белково-лактозный концентрат можно использовать в качестве добавок при производстве кондитерских изделий, мороженого, кисломолочных продуктов.

При изготовлении творога в него возможна добавка 20–30 % по массе сгущенной деминерализованной сыворотки, что увеличивает выход творога и снижает содержание минеральных солей, улучшает органолептические свойства за счет введения альбуминных белков. Разработаны технологии производства ряда продуктов на основе деминерализованной молочной сыворотки.

В производстве кормовых добавок перспективным направлением является производство жидких бифидоактивных добавок на основе сыворотки, получаемой при производстве сыра и творога. Технология таких добавок разработана на кафедре прикладной биотехнологии СевКавГТУ. Это кормовые добавки «БИКОДО+» и «БИКОДО-K+». Технология сухого синбиотического концентрата с бифидобактериями на основе изомеризованной молочной сыворотки, обогащенной гидролизатом обезжиренного молока «Профилакт-Б» позволяет использовать его как для производства кисломолочных напитков, так и как кормовую добавку.

Таким образом, можно отметить, что, несмотря на существование простых технологических приемов переработки молочной сыворотки, производители все чаще обращаются к комплексным процессам, которые позволяют сделать утилизацию молочной сыворотки выгодной в экономическом (получение дорогостоящих продуктов) и социальном (получение функциональных продуктов) отношениях. Кстати, именно эти тенденции четко прослеживаются в тематике международного научно-практического семинара «Переработка молочного сырья: оборудование, аппаратно-процессовое оформление, технологии» (Чешская Республика, Прага, апрель, 2008 г.) и нескольких конференциях в Белоруссии, а также других Саммитах отраслевого уровня, в т. ч. за рубежом (Молинформ), на которых сотрудники СевКавГТУ представляли разработки по молочной сыворотке.

Поэтому тематика **Международного научно-практического семинара «Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности»** (Ставрополь, октябрь, 2009 г.) была логически обоснована. В работе семинара принимали участие более 80 человек из 33 организаций, в том числе и зарубежных. Материалы опубликованы. Особенностью этого мероприятия стало то, что большинство организаций было представлено предприятиями молочной отрасли, заводами, производящими оборудование для пищевой промышленности, и другими организациями.

В первой теоретической части семинара были представлены основополагающие доклады в области пищевой нанотехнологии и мембранной биотехнологии с акцентом на молочную сыворотку. В общем виде применимость принципов нанотехнологий к пищевой промышленности была проиллюстрирована докладом проф. С. Маннини (Миланский университет,

Италия). На рис. 4.8 представлена русскоязычная версия использования нанотехнологий в пищевой промышленности.

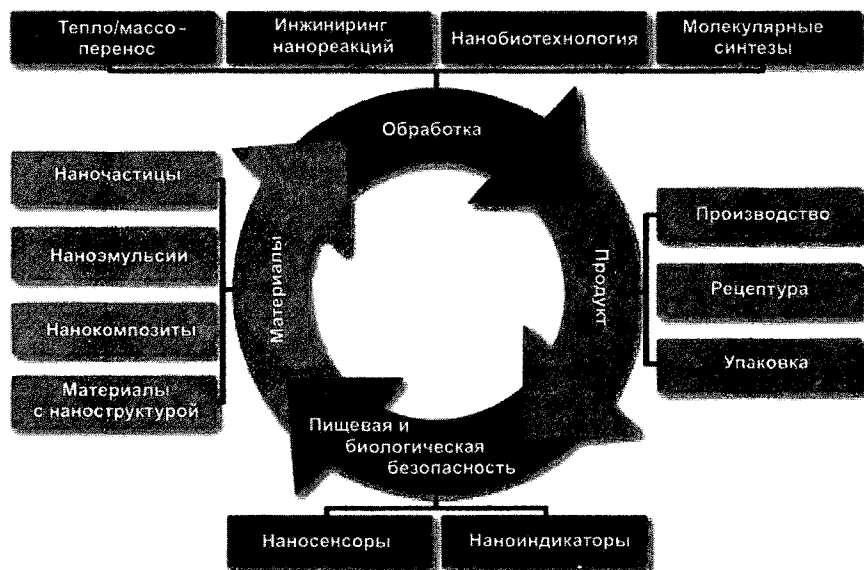


Рис. 4.8. Схема использования нанотехнологий в пищевой промышленности

В докладе отмечалась сложность использования наночастиц в пищевой промышленности. Хотя применение наноструктур, получаемых из молочного и растительного сырья, позволяет решить эти проблемы, поскольку используются естественные нанокластеры. Следует специально подчеркнуть, что применимость принципов нано, — био- и мембранных технологий к молочной сыворотке являлась лейтмотивом данного семинара. Суть приведена в главе 1 и 2 (пункты 1.2, 1.3 по составу; 2.1 — доктрина нанобиомембранных технологий).

Во второй части семинара были проведены промышленные выработки с использованием мембранного оборудования по разделению и обессоливанию молочной сыворотки на молочном комбинате «Ставропольский». Во время выработок обсуждались вопросы подготовки сырья и технологических линий при организации производства молочных продуктов с использованием мембранного оборудования.

Заключительная часть семинара была связана с практикой — это дегустация молочных продуктов с использованием компонентов молочной сыворотки, полученных мембранными методами (НОЦ «Мембранные биотехнологии» СевКавГТУ и ООО «МегаПрофиЛайн»).

Таким образом, все перечисленные и др. мероприятия этого уровня, в т. ч. семинар в г. Воронеж (июнь, 2010), поэтапно показывают развитие приоритетов в переработке такого ценного и уникального сырья как молочная сыворотка. Доклады, представленные на этих мероприятиях, свидетельствуют о тенденциях в технологии переработки молочной сыворотки с целью более полного использования всех ее компонентов в функциональных продуктах нового поколения.

4.3.7. Тематические номера отраслевых журналов

Наиболее подробно и системно проблемы переработки молочной сыворотки изложены в спецвыпусках отраслевого журнала «Молочная промышленность»: № 6, 2006 г.; № 11 и 12, 2008; № 1 и 2, 2010 г, инициированных гл. ред. журнала Т. А. Кузнецовой и квалифицированно подготовленных творческим коллективом редакции. Анализ материалов, опубликованных в отраслевом журнале, позволяет выделить несколько основных тем (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Распределение тематик статей

Значительная часть публикаций представлена материалами, обобщающими российский и зарубежный опыт исследований состава и свойств молочной сыворотки, технологий ее использования, на основании которого определяются проблемы и стратегии переработки молочной сыворотки. Например, Т. А. Волкова и Э. Ф. Кравченко [48] отмечают сдерживание переработки молочной сыворотки и определяют основные причины этого: незначительные инвестиции, отсутствие средств на внедрение современных технологий, недостаточная информация о достоинствах продуктов из сыворотки и их значении для здорового образа жизни, отсутствие массового производства многофункциональных продуктов на основе сыворотки, либерализм экологической службы в отношении сброса ее в сточные воды. Кроме того, в настоящее время существует проблема распыленности сырья на мелких предприятиях, которым экономически невыгодно заниматься ее переработкой. Исходя из опыта зарубежных стран — основной путь решения проблемы концентрация сыворотки-сырья на больших предприятиях и наличие глобальной стратегии ее переработки, поскольку от выбора конечных продуктов переработки сыворотки зависит объем необходимых инвестиций (рисунок 4.10).

Рыночная концепция [50] — переработка молочной сыворотки по законченному технологическому циклу и рациональное использование полученных продуктов на принципах безотходной технологии подробно освещена в главе 3. Она подкреплена опытом переработки молочной сыворотки на российских предприятиях, предприятиях СНГ и ближнего зарубежья. Такие материалы, как правило, готовятся специалистами предприятий и демонстрируют действующие схемы переработки сыворотки. Можно отметить, что ряд предприятий отрасли начинают активно применять технологии мембранной обработки молочного сырья, в том числе и сыворотки, нанофильтрации, ультрафильтрации, электродиализа, что позволяет решать проблему переработки кислой и соленой сыворотки. Так опыт работы Брюховецкого МКК показал, что срок окупаемости ЭД установки составил около года и предприятие планирует внедрение схемы комплексной переработки сыворотки с использованием установок обратного осмоса [51].

Использование опубликованных результатов научных разработок позволяет внедрять даже самые сложные технологии глубокой переработки молочной сыворотки. Диапазон про-

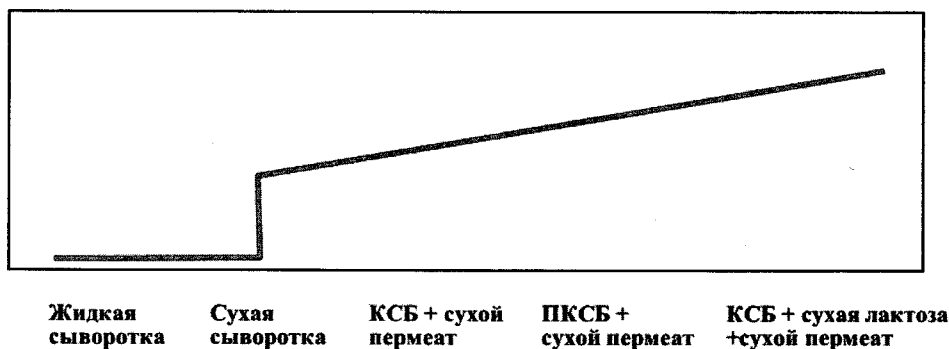


Рис. 4.10. Инвестиции в промышленное оборудование по переработке сыворотки [49]

дуктов достаточно широк: от технологий пищевых и кормовых продуктов до получения биологически активных производных лактозы. Остановимся на некоторых из них.

Технологии использования сыворотки при выработке пищевых продуктов посвящена значительная часть статей. Можно обратить внимание на то, что предлагается использование как нативной сыворотки (рецептуры напитков, десертов), так концентрированной и сухой (производство кормов, кондитерских изделий, продуктов детского питания). В качестве примера, можно привести технологию, предусматривающую получение суфле на основе молочной сыворотки [52]. В рецептуру продукта, помимо сладкой молочной сыворотки, входят пектин, лактулоза и еще ряд функциональных добавок. Готовый продукт рекомендуется использовать для лечебно-профилактического питания.

Кормовые продукты на основе молочной сыворотки. Согласно публикуемым материалам современные представления о рациональном использовании сыворотки в кормопроизводстве подразумевают достаточно глубокое воздействие на компоненты сыворотки (гидролиз, изомеризация, брожение), использование специальных премиксов для улучшения ее кормовых свойств [53, 54].

Технологии получения белкового компонента молочной сыворотки. Современные технологии получения белковых концентратов тесно связаны с использованием мембранных способов обработки молочной сыворотки, в частности с ультрафильтрацией. Концентраты сывороточных белков используются для повышения биологической ценности молочных и других пищевых продуктов. Помимо этого, обсуждаются вопросы более глубокой обработки сывороточных белков путем гидролиза протеолитическими ферментами, т.к. считается, что гидролизаты белка при наличии идентичного аминокислотного состава менее аллергенны [55].

Что касается технологий получения **производных лактозы**, то главным образом, публикуемые материалы связаны с вопросами получения известного пребиотического компонента — лактулозы и лактулозосодержащих продуктов. Но обращают внимание и статьи, связанные с новым направлением конверсии лактозы до лактитола, галактоолигосахаридов и лактобионовой кислоты.

Часть материалов связана с усовершенствованием **процессов переработки** молочной сыворотки, начиная от физико-химических (мембранные технологии фракционирования, процессы сушки, кристаллизации, рафинирования) и заканчивая биотехнологическими процессами (ферментативный гидролиз лактозы и белков сыворотки, сбраживание лактозы пробиотической микрофлорой). Эти исследования направлены на повышение качества, как продуктов из сыворотки, так и продуктов с использованием сыворотки. В частности, [56]

предлагается использование специального вихревого устройства, позволяющего в короткий промежуток времени перевести раствор из пересыщенного состояния в молокосодержащих сгущенных консервах с сахаром. В результате инициируется процесс массового зародышеобразования кристаллов лактозы, что позволяет получить качественный продукт даже при повышенном содержании молочной сыворотки.

В журналах № 1 и 2 (2010 г.) и др. номерах, так же как и № 12 (2009 г.) — статьи к 80-летию ВНИМИ, тематика молочной сыворотки освещается целенаправленно с особым уклоном по нанобиомембранным технологиям на уровне кластеров БТС.

В целом, анализируя материалы, опубликованные в журналах «Молочная промышленность» можно констатировать, что проблемы переработки молочной сыворотки весьма актуальны; у научно-исследовательских организаций и промышленных предприятий есть желание и потенциал найти их решение. Следует отметить так же информационный файл по данной тематике в журналах РАСХН, МинВУЗа, АПК, «Переработка Молока», в т. ч. тематические подборки (например, № 4 и 5, 2009 г), других периодических изданиях. Кстати, «Переработка Молока» по инициативе гл. ред. О.Д. Бартьевой осуществляет информационную поддержку настоящей монографии публикацией серии статей.

4.4. Промышленный опыт переработки и использования молочной сыворотки

Значительные объемы молочной сыворотки на предприятиях отрасли обуславливают актуальность ее переработки в пищевые и кормовые продукты [57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66]. По имеющейся в нашем распоряжении информации объемы молочной сыворотки всех видов и сырьевых источников в настоящее время составляют около 200 млн. т/год. Основные направления ее промышленной обработки и использования в мире, ЕС, США и России по усредненным данным представлены на рис. 4.11.

Основными направлениями промышленной переработки остается сухая сыворотка с превалированием деминерализованной и делактозированной; молочный сахар; напитки и сгущение. Появились производные и минорные компоненты. В использовании превалируют кормовые добавки, хотя их вес постоянно уменьшается. К сожалению, использование молочной сыворотки в нашей стране по сравнению с мировой картиной и особенно с развитыми странами оставляет желать много лучшего. Отрасли предстоит четко усвоить феномен и рациональность этого вида сельскохозяйственного сырья и сделать «рывок» для достижения сложившихся приоритетов — продукция, прибыль, исключение загрязнения окружающей среды.

На рис. 4.12 приведена диаграмма, отражающая изменение направлений использования молочной сыворотки в течении времени. При этом за 100 % принят объем производства на уровне 1,7 млн. т/год. Это наши приоритеты.

В России ежегодно в качестве побочного продукта от производства сыров, творога и казеина образуется более 2,5 млн. т молочной сыворотки. Промышленной переработке в нашей стране подвергаются около 40 % (в мире 60, Европе 80, США более 90 %) получаемой молочной сыворотки. Статистические данные по ресурсам и направлениям использования молочной сыворотки в нашей стране приведены в табл. 4.3 [62, 65].

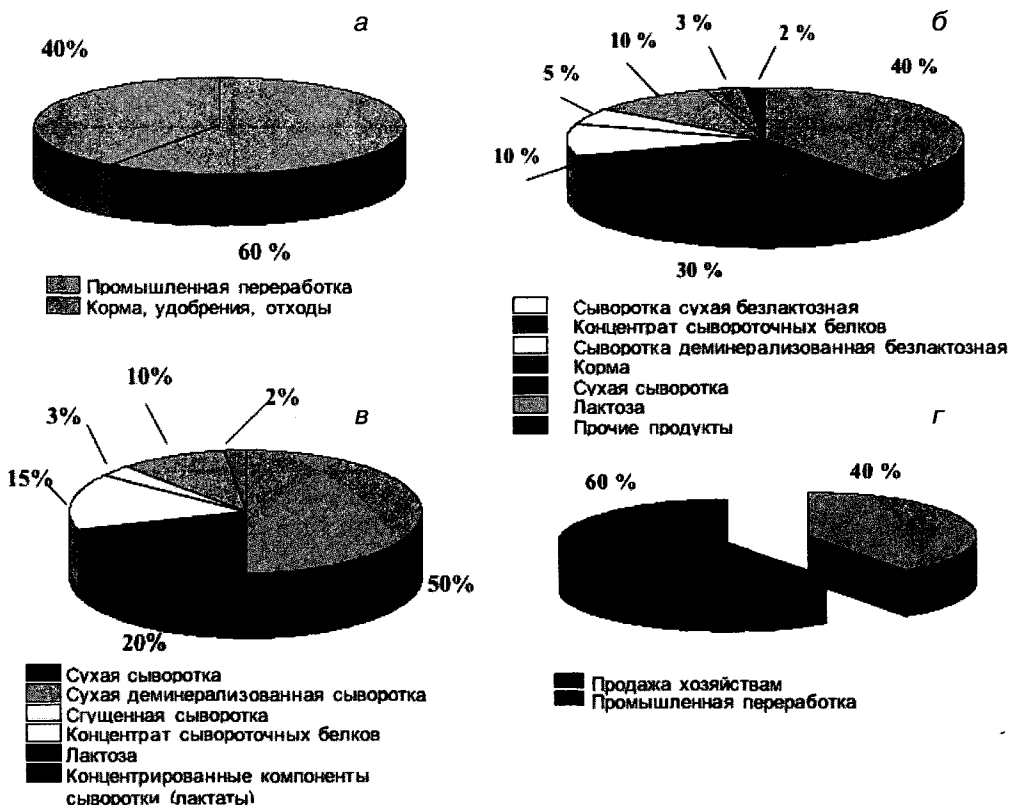


Рис. 4.11. Основные направления промышленной переработки и использования молочной сыворотки в мире (а); ЕвроСоюзе (б); США (в); России (г)

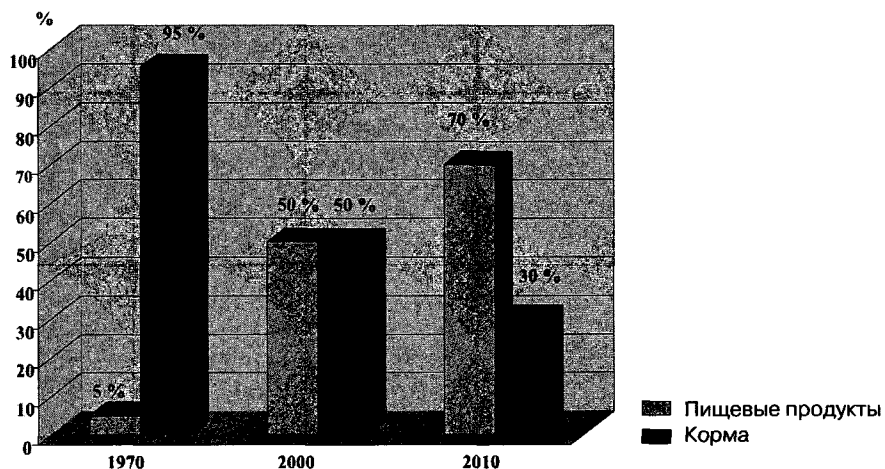


Рис. 4.12. Динамика переработки молочной сыворотки в Европе

Таблица 4.3. Направления использования молочной сыворотки в России

Ресурсы	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Получено подсырной сыворотки в производстве всего, тыс. т	2286,3	2447,0	2218,8	2185,8	2256,3	2800,0	2759,4	2800,0
Использовано на промышленную переработку, тыс. т	567,0	636,5	700,9	703,0	726,0	882,0	891,3	900,0
% от ресурсов	24,8	26,0	31,6	32,1	32,2	31,5	32,3	35,6
Продано	—	—	905,0	884,2	848,2	—	—	—

Ассортимент продукции, производимой из молочной сыворотки в нашей стране, согласно официальной статистике, достаточно ограничен (табл. 4.4, в тыс. т) [65].

Таблица 4.4. Ассортимент продуктов из молочной сыворотки

Продукт	Объем производства, тыс. т							
	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Сухая сыворотка	5,69	8,0	12,76	19,86	23,09	44,3	45,4	50,0
Сгущенная сыворотка	—	0,7	—	—	—	—	—	—
Молочный сахар	2,27	2,18	1,87	1,11	1,29	1,09	1,07	1,1
Альбуминовая масса	—	0,16	0,28	0,41	0,53	0,72	0,83	0,9
Напитки из сыворотки	13,0	10,5	29,3	32,1	37,25	42,3	45,2	50,0
Обогащенная сыворотка	—	10,5	29,3	32,1	2,33	—	—	—

К сожалению, в статистике (и это символично) нет данных по деминерализованной сыворотке, использованию сыворотки в хлебопечении, хотя эти продукты производятся молочной промышленностью России. В последние годы исчез показатель по сгущенной и обогащенной сыворотке. Видимо, пришло время пересмотреть на государственном или отраслевом уровнях подходы к оценке использования этого вида ценнейшего сырья, возможно, стратегического значения (молочный сахар, лактулоза, ГОС и др. компоненты-производные, минорные азотсодержащие соединения).

Анализируя в целом ситуацию, из приведенных данных следует, что производство сухой молочной сыворотки динамично развивается в нашей стране и за рубежом, особенно в США, Франции, Германии, Нидерландах и др. странах. Например, в Италии производится около 20000 т лактозы, 10000 т сывороточных концентратов, более 4000 т деминерализованной сыворотки со степенью деминерализации на уровне 75 %. Деминерализованная сыворотка занимает в мире около 10% от всей перерабатываемой сыворотки. Такие производства наиболее развиты в тех же странах, в которых уделяется серьезное внимание переработке молочной сыворотки. В нашей стране так же наметилась положительная тенденция.

Еще один путь современной технологии переработки сыворотки — это создание крупных предприятий, занимающихся только переработкой сыворотки. Основными производителями сыворотки в Европе (табл. 4.5) являются представители Европейской ассоциации переработчиков сыворотки (EWPA).

Таблица 4.5. Крупнейшие производители сыворотки в Европе

Наименование фирмы	Объем, млн. т
<i>Lactalis/Lactoserum (FR)</i>	5,0
<i>Domo/Borculo Ingredient (NL)</i>	4,2
<i>DMV International (NL)</i>	3,0
<i>Arla Foods Ingredients (DK/S)</i>	2,9
<i>Entermont and Euroserum (FR)</i>	2,5

Примечание: 35% от общего объема сыворотки в Европе

Основными переработчиками молочной сыворотки являются следующие фирмы:

<i>VALIO</i> (Финляндия)	<i>EUROSERUM</i> (Франция)
<i>MILEI</i> (Германия)	<i>DMV INTERNATIONAL</i> (Нидерланды)
<i>MEGGLE</i> (Германия)	<i>DAIRY CREST INGREDIENTS</i> (Великобритания)
<i>ARLA FOOD INGREDIENTS</i> (Дания/Швейцария)	<i>CARBERRY FOOD</i> (Ирландия)
<i>LACTOSERUM</i> (Франция)	<i>BORCULO DOMO</i> (Нидерланды)
<i>GROUPE LACTALIS</i> (Франция)	<i>BMI</i> (Германия)
<i>KERRY</i> (Ирландия)	<i>BIOLAC</i> (Германия)
<i>GLANBIA</i> (Германия)	<i>ALPAVIT</i> (Германия)

На некоторых предприятиях объемы перерабатываемой молочной сыворотки превышают 5 млн. т/год (например, *Lactalis/Lactoserum*, Франция). На таких предприятиях возникает проблема стандартизации сырья, т.к. помимо собственной сыворотки поступает сыворотка и от различных производителей. При переработке такой молочной сыворотки следует придерживаться строгих правил к ней, как к сырью: ничего не добавлять; исключить попадание моющих средств; не смешивать различные виды сыворотки и т.п. В Западной Европе уже давно существуют централизованные предприятия по переработке молочной сыворотки, куда транспортируется как натуральная, так и концентрированная сыворотка. Причем эта программа имеет государственный статус в рамках ЕС, исключающий слив молочной сыворотки. Например, в Италии (как в США) не только большие штрафы за слив молочной сыворотки, но существует и уголовная ответственность. Перерабатывающие предприятия принимают от других заводов молочную сыворотку со строго регламентируемыми параметрами (свойствами) и могут отказаться от ее переработки из-за несоответствия этим требованиям. Такой опыт по кооперации при переработке молочной сыворотки имеется у целого ряда фирм:

- Германия, фирма *Meggle* — лактоза;
- Белоруссия, молзавод «Пружаны» — этиловый спирт;
- Нидерланды, фирма *DMV* — сухая сыворотка;
- Австрия, фирма *Fresenius Kabi* — лактулоза;
- Россия, «Кузбассконсервмолоко» — сгущенные консервы, «Южный сахар» и «Холод» — деминерализованная сухая сыворотка;
- Германия (около 240 заводов) — биогаз.

Одна из последних инноваций в мембранной молочной промышленности связана с микропартикуляцией сывороточного белка. В качестве другого примера можно рассмотреть получение *L*-карнитина из ультрафильтрата молочной сыворотки. Применение баромембранных технологий при переработке молочной сыворотки приводит к образованию пермеата, который в дальнейшем также используется для производства пищевых компонентов. Актуальным становится использование «минерализата» электродиализных установок.

Современные тенденции и стратегия будущего переработки молочной сыворотки по проф. И. А. Евдокимову [62] представлена на рис. 4.13.



Рис. 4.13. Основные тенденции в области современных инноваций переработки сыворотки

При этом обеспечивается получение многофункциональных компонентов и продуктов (фармацевтическая лактоза, лактоферрин и др.), как фактор микромаркетинга для отрасли с импортозамещением и экспортоориентированием. В целом инновации глубокой переработки молочной сыворотки, по мнению исследователей и практиков, позволяют получать более «ценные» продукты, чем сыр, творог и казеин и позиционировать ее переработку как основное производство.

Рассмотрим для примера состояние и тенденции по переработке молочной сыворотки на региональном уровне. Системная работа по данному вопросу была проведена Н. П. Кустовым под руководством проф. Л. А. Остроумова на примере Алтайского края — крупнейшего в РФ производителя натуральных сыров [67] и т. о. подсырной сыворотки.

Н. П. Кустовым на основе анализа производства сыров и соответственно получаемой сыворотки установлены основные тенденции и даны рекомендации, которые успешно реализуются на практике. Объемы получаемой молочной сыворотки по краю колеблются от 250 до 1500 т/сут. Сезонность по месяцам в течение года показана на рис. 4.14.

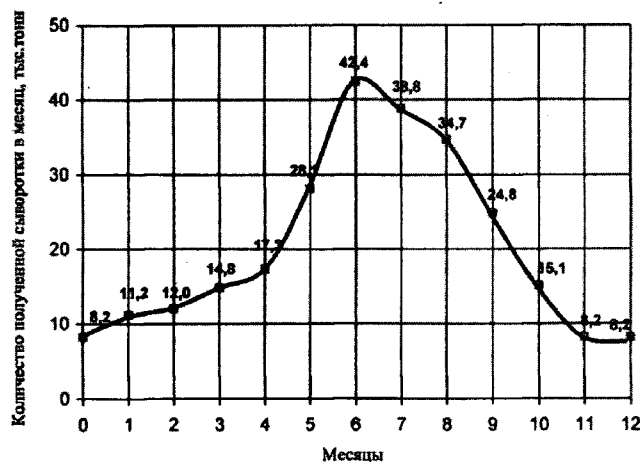


Рис. 4.14. Динамика получения молочной сыворотки в Алтайском крае

На основе исследования состава и ценности молочной сыворотки различных заводов и ассортимента разработана экономико-математическая модель (рис. 4.15) и конкретные предложения по централизованной сушке молочной сыворотки.

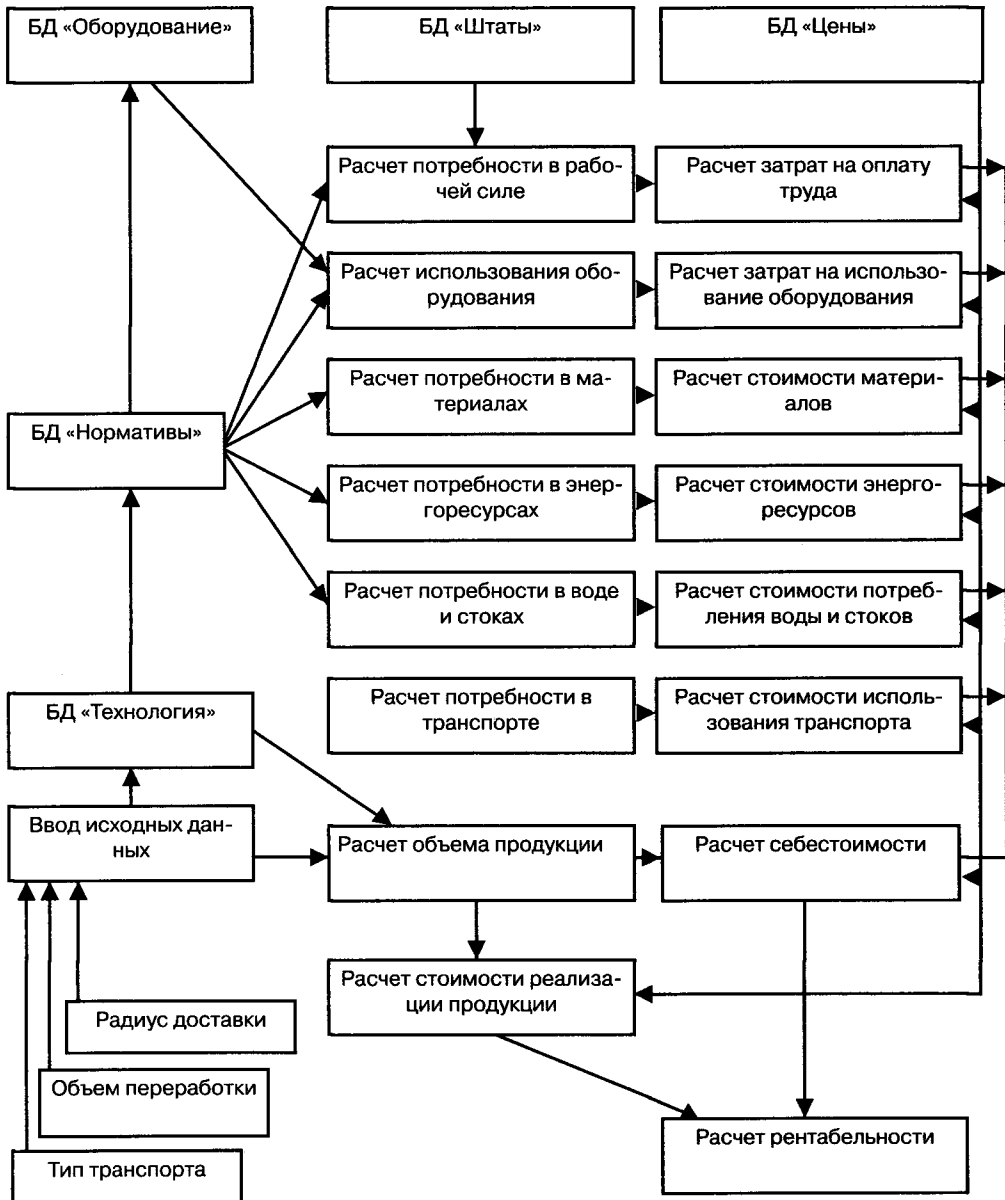


Рис. 4.15. Структура экономико-математической модели

Расчет уровня рентабельности предприятия по переработке молочной сыворотки, в соответствии с экономико-математической моделью, можно представить в виде аналитического выражения:

$$Y_i = -129,3 + 84,8X_1 + 6,49X_2 + (2,39 \cdot 2)/(0,0119X_1) - 6,12X^2 + 0,408X_2^2 + 0,115 X^3 - 0,0026312X_2^3 \quad (4.1)$$

где: Y_i — затраты на транспортирование сырья для производства 1 т готовой продукции, руб; X_1 — вместимость транспортного средства, т; X_2 — средний радиус доставки, км.

Уравнение применимо в диапазоне радиусов доставки от 20 до 100 км и общей вместимости транспортного средства от 3,5 т до 19,6 т (молоковозы и автопоезда на базе КамАЗ).

При этом предложено сосредоточить сушку в шести центрах — Рубцовском, Михайловском, Бийском, Славгородском, Каменском и ОАО «Холод». Объем производства сухой молочной сыворотки предложено довести до 20 000 т в год, что сопоставимо с объемом производства натуральных сыров. Следует отметить, что разработанные предложения активно реализуются, например, в Алтайском крае: в ОАО «Холод» внедрена инновационная технология деминерализованной молочной сыворотки [68], по имеющейся информации на Рубцовском молочном комбинате создается крупнейшее в Европе производство сухой молочной сыворотки, а ОАО «ЛАКТ» предлагает барнаульцам линейку напитков из молочной сыворотки с соками «Биоритм» [69]. При этом продукт представляется как «живая вода» и «сыворотка — здоровью приворотка» со ссылкой на старинные публикации и даже энциклопедию: «Сыворотка весьма полезна при многих болезнях: легочных и желудочных, при малокровии; поэтому она употребляется в больших количествах на курортах...». Детальная информация в главе 21. На предприятии имеется специальная лаборатория (не роскошь, а требование времени), процесс производства напитков на современной линии розлива *Tetra Rex* обеспечивает качество и спрос потребителей.

Опыт переработки и использования молочной сыворотки на примере Воронежской области детально рассмотрен Е. И. Мельниковой [70] и опубликован [71]. При этом особое внимание уделено творожной сыворотке. Анализ состояния получения и переработки молочной сыворотки показал, что из 22 молочных предприятий Воронежской области только на 5 она используется для промышленной обработки. При этом значительные объемы переработки сыворотки на пищевые цели достигнуты лишь на двух предприятиях — ОАО «Богучармолоко» и ООО «Молочные продукты» (91,3 и 53,0 % соответственно). В целом утилизация сыворотки на пищевые цели составляет 14,7 %, что значительно ниже, чем в среднем по Российской Федерации (25 %) и в странах с развитой молочной промышленностью (50–95 %). На 20 предприятиях области молочная сыворотка поставляется сельскому хозяйству. Масса сыворотки, реализованной колхозам, совхозам, фермерским хозяйствам для выпойки скоту составляет 73,7 %. Остальное количество сыворотки (около 20 %) фактически теряется, что наносит неповторимый ущерб природе. Представленные выше данные приводят к заключению о необходимости совершенствования системы получения и утилизации молочной сыворотки на пищевые цели. Организация широкомасштабной переработки молочной сыворотки в Воронежской области (и не только!) — актуальная задача, решение которой невозможно без систематических исследований и новых технологических решений.

Информация по УПЭЗ ВНИИМС [61, 72, 73, 74, 75, 76, 77], который исторически призван быть и пока является флагманом отрасли по проблематике монографии, позволяет рекомендовать практические наработки для масштабирования. Это, прежде всего, получение высококачественного молочного сахара, в том числе по уникальной технологии — мелкокристаллического. Пожалуй, в мире нет подобного производства, где реализованы ноу-хау науки и опыт практики. Организация получения на основе альбуминного молока серии белковых продуктов типа «Биопаста альбуминная» [72, 78], «Здоровячок», в том числе с йодом и кальцинированный [77], галактомин [79], «Полисом-Ф» [80] и др. делает честь разработчикам. Из молочной сыворотки на принципах безотходной технологии традиционно извле-

кается так же молочный жир и производится подсырное масло, в т. ч. в мелкой расфасовке для розничной торговли. Продукт пользуется спросом. В целом на предприятии реализован законченный технологический цикл и созданы все предпосылки для масштабирования нанобиомембранных технологий.

Переработка молочной сыворотки на ОАО «Молочный комбинат «Ставропольский»» (МКС) заслуживает особого внимания. Еще несколько лет назад проблема казалась неразрешимой. Менеджмент предприятия под умелым руководством ген. директора, канд. техн. наук, а теперь и засл. работника пищевой индустрии РФ С. В. Анисимова смог реализовать систему мер по рациональному использованию всей получаемой подсырной и творожной сыворотки. Ежедневно до 15 т в расфасованном виде идет в реализацию для непосредственного потребления. Продукт, особенно в летнее время, пользуется исключительным спросом. Остальная молочная сыворотка направляется в специализированный модуль (цех) для сушки [81, 82, 83].

Переработка молочной сыворотки осуществляется по двум основным направлениям: комплексное использование всего молочного остатка и извлечение отдельных компонентов. Под извлечением отдельных компонентов подразумевается выделение жира путем сепарирования подсырной сыворотки. Комплексное использование всего сухого остатка осуществляется при использовании сыворотки для получения напитков, на хлебопечение (в т. ч. собственной пекарни), сухой сыворотки, комбинированного продукта «Ставропольский» (КПС), бифидогенных концентратов «Лактобел» и КПС-Лакт. Технологии концентратов разработаны специалистами молочного комбината «Ставропольский» совместно с сотрудниками кафедры прикладной биотехнологии СевКавГТУ. По составу основных компонентов (белки, жиры, углеводы) продукты приближены к заменителям цельного молока и пользуется большим спросом при откармливании молодняка сельскохозяйственных животных.

Для дальнейшего увеличения объемов производства сухой молочной сыворотки и сухого КПС на площади более 1000 м² смонтированы две вакуум-выпарные установки «Виганд-4000» и распылительная сушильная установка А1-ОРЧ, производительностью 500 кг испаренной влаги в час. Реализуется проект по обработке молочной сыворотки мембранными методами и биоконверсией. В принципе МКС является (в рамках Концепции социально-экономического развития отрасли до 2020 г.) базовым (корневым) предприятием — логистическим центром для масштабирования инноваций. Например, одной из последних является реализация по программе «Здоровый город» выпуск низколактозного стерилизованного молока. В жизнь проситс-ся бренд «МиЛа» (минимум лактозы) в напитках из/на основе молочной сыворотки.

Интересный проект по утилизации более 150 т/сутки молочной сыворотки осуществлен в Адыгеи на Гиагинском сыродельном заводе (директор С. У. Гуссейнов) с использованием комплекта оборудования Калиновского машиностроительного завода (Украина) [84].

В Республике Беларусь реализуется государственная программа по использованию молочной сыворотки [85, 86], нацеленная на получение продуктов для страны и на экспорт. Создано по технологии СевКавГТУ производство белорусской лактулозы «БелЛакт». Имеются технологические прорывы по синтезу биогенных элисторов (см. гл. 21). Государственный подход к проблеме, как это имело место быть в СССР (свидетельствую как участник), позволит решить на современном (коммерческом) уровне проблему полного и рационального использования молочной сыворотки в реальных условиях на примере целой страны. Все полученные 2,0 млн. т молочной сыворотки различных видов планируется переработать в современные продукты с получением дополнительной продукции на сумму около 450 млрд. руб. При этом инвестиции в Программу составят всего 280 млрд. руб. Остается только надеяться, что пример будет заразителен для руководства отрасли и особенно инвесторов в нашей стране. Большие надежды несет проект такой Программы на уровне Союзного государства России и Беларуси. А позитивные примеры есть — МК «Ставропольский», Гиагинская, Рубцовск, Брюховецк, «Алтаймолоко» и др. Главное — понять феномен молочной сыворотки, найти и реализовать оптимальное решение с обеспечением бесконечного жизненного цикла.

4.5. Резюме по главе 4

Оценивая жизненный цикл молочной сыворотки, прежде всего стоит обратить внимание на исторические аспекты — она сопровождает нашу цивилизацию на всем пути ее развития и бесконечна как жизнь на планете.

Информационный файл, накопленный по переработке и использованию молочной сыворотки достоин уважения, внимательного изучения и практического применения. О. Н. Мусина [87], используя нетрадиционный алгоритм изучения состояния вопроса в пищевой промышленности с применением контент-, библиометрического и содержательного анализов за период 1995–2010 гг., установила, что количество публикаций по молочной сыворотке (9605) сопоставимо с показателями по сыру (10 346). При этом коэффициент ключевых слов составил: по сыру — 0,31, сыворотке — 0,28 и далее др. молпродукты до $K = 0,002$. Особую роль играют международные конференции по молочной сыворотке и деятельность EWPA. По аналогии с США актуальным является создание международного (европейского), для нашей страны — федерального института по всей проблематике переработки и особенно использования молочной сыворотки. Так и просится реанимация СКФ ВНИИМС (НИИКИМ).

Практический опыт подтверждает: проблему полного и рационального использования молочной сыворотки, ее компонентов и их производных можно решить с выгодой для переработчиков, пользой для потребителей с одновременной защитой окружающей нас среды. Необходимо политическое решение на государственном уровне, инвестиции и, безусловно, целенаправленный энтузиазм профессионалов отрасли. Как показывает международный опыт и отечественная практика, приложенные усилия окупаются сторицей. Молочная сыворотка кормит и лечит. Ее жизненный цикл бесконечен.

4.6. Литература по главе 4

1. Котлер, Ф. Маркетинг. Менеджмент [Текст]/Ф. Котлер. — СПб.: Питер, 2003. — 800 с.
2. Коналев, А. И. Маркетинговый анализ [Текст]/А. И. Коналев, В. В. Войленко. — М.: Центр экономики и маркетинга, 2000. — 256 с.
3. Беляевский, И. К. Маркетинговое исследование: информация, анализ, прогноз [Текст]/И. К. Беляевский. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 320 с.
4. Титов, А. Б. Маркетинг и управление инновациями [Текст]/А. Б. Титов. — СПб.: Питер, 2001. — 230 с.
5. Нестеренко, П. Г. Исторические аспекты использования и переработки молочной сыворотки [Текст]/П. Г. Нестеренко, И. А. Евдокимов, А. Г. Храмов//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 32–34.
6. Коваленко, М. С. Переработка побочного молочного сырья [Текст]/М. С. Коваленко. — М.: Пищевая промышленность, 1965. — 123 с.
7. Коваленко, М. С. Молочная сыворотка и продукты ее переработки [Текст]/М. С. Коваленко. — М.: Миниясомолпром СССР, 1947. — 86 с.
8. Mannion, P. Whey — Future Directions [Text]/Patrick Mannion//Wheyvolution. Материалы 5-й Международной конференции по сыворотке, Париж, Франция 2008.
9. Храмов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 578 с.
10. Храмов, А. Г. Интенсивная технология молочного сахара [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов — М.: ДеЛиПринт, 2004. — 277 с.
11. Рябцева, С. А. Технология лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева — М.: ДеЛи принт, 2003. — 232 с.
12. Храмов, А. Г. Инновационные приоритеты полного и рационального использования молочного белково-углеводного сырья от производства творога и мягких сыров [Текст]/А. Г. Храмов//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — С. 169–73.
13. Храмов, А. Г. Трансформация информационного обеспечения в области молочной сыворотки, технологии лактозы и лактулозы [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — С. 166–69.
14. Информационный бюллетень ДеЛи-принт № 3, 2007. — М.: ДеЛи-принт, 2007.
15. Храмов, А. Г. Справочник мастера по промышленной переработке молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин. — М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. — 172 с.
16. Храмов, А. Г. Молочный сахар [Текст]/А. Г. Храмов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 224 с.
17. Храмов, А. Г. Переработка и использование молочной сыворотки: технологическая тетрадь [Текст]/А. Г. Храмов, В. А. Павлов, П. Г. Нестеренко и др. — М.: Росагропромиздат, 1989. — 190 с.
18. Храмов, А. Г. Молочная сыворотка [Текст]/А. Г. Храмов-М.: Агропромиздат. — 1990. — 240 с.
19. Храмов, А. Г. Полное и рациональное использование молочной сыворотки на принципах безотходной технологии [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин, А. И. Жаринов и др. — Ставрополь: ИРО, 1997. — 120 с.
20. Храмов, А. Г. Производство сгущенных концентратов молочной сыворотки: Учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко, Е. А. Чеботарев. — Ставрополь: ИРО, 1998. — 80 с.
21. Храмов, А. Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 5. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин — СПб.: ГИОРД, 2004. — 576 с.
22. Храмов, А. Г. Экспертиза вторичного молочного сырья и получаемых из него продуктов [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. — 130 с.
23. Синельников, Б. М.. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, А. В. Серов. — Издательство: Профессия. 2007. — 770 с.
24. Нестеренко, П. Г. Безотходная переработка молочного сырья: учебное пособие [Текст]/П. Г. Нестеренко, А. Г. Храмов//М.: «КолосС», 2008. — 200 с.
25. Храмов, А. Г. Технология продуктов из вторичного молочного сырья: учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин, С. А. Рябцева, Т. С. Воронникова. — СПб.: ГИОРД. — 2009. — 424 с.
26. Данилов, М. Б. Теоретические и практические основы производства пробиотических продуктов с использованием β -галактозидазы [Текст]/М. Б. Данилов. — Улан-Удэ: ВСГТУ, 2003. — 144 с.

27. Гаврилов, Г. Б. Современные аспекты переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 2004. — 160 с.
28. Гаврилов, Г. Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — М: Издательство Россельхозакадемии, 2006. — 134 с.
29. Козлов, С. Г. Теоретические и практические основы производства продуктов питания нового поколения [Текст]/С. Г. Козлов. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 151 с.
30. Козлов, С. Г. Методические и технологические аспекты создания структурированных продуктов из молочной сыворотки и растительного сырья: монография [Текст]/С. Г. Козлов. — Кемерово; Москва: Издательское объединение «Российские университеты» — «Кузбассвуиздат — АСТШ», 2005. — 168 с.
31. Мельникова, Е. И. Творожная сыворотка: опыт переработки и новые технологические решения [Текст]: монография/Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская, Л. В. Голубева. — Воронеж: ВГТА, 2009. — 236 с.
32. Мельникова, Е. И. Сенсоретрический анализ и нейросетевые технологии в оценке качества молочно-кислородержащих продуктов [Текст]/Е. И. Мельникова, Я. И. Корсман, С. И. Нифталиев Ю. С. Е. Босва. — Воронеж: ВГТА, 2009. — 202 с.
33. Храмцов, А. Г. Интенсивная технология молочного сахара [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов — М.: ДеЛи-принт. — 2004. — 277 с.
34. Евдокимов, И. А. Электродиализ молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, А. В. Пермяков. — Георгиевск: ГТИ (филиал) СевКавГТУ, 2009. — 248 с.
35. Крючкова В. В. Функциональные кисломолочные напитки: технология и здоровье [Текст]/Евдокимов И. А., Крючкова В. В. — Ставрополь, Издательство СевКавГТУ, 2007. — 109 с.
36. Евдокимов, И. А. Синбиотические молочные продукты [Текст]/И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. № 4. 2004. С. 32–33.
37. Мусина, О. Н. Сыворотка и продукты из нее: анализ патентной ситуации [Текст]/О. Н. Мусина, П. А. Лисин//Молочная промышленность. — 2008. — № 12.
38. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов Иван Алексеевич. — Москва, 1998. — 204 с.
39. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Рябцева Светлана Андреевна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 362 с.
40. Лодыгин, А. Д. Лактосахароза и галактоолигосахариды — новые перспективные пребиотики из лактозосодержащего сырья [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Б. Рябцева//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. — 2006. — № 2. — С. 26–28.
41. Храмцов, А. Г. Современные технологии синтеза галактоолигосахаридов из лактозы молочного сырья для продуктов функционального питания нового поколения [Текст]/А. Г. Храмцов, А. Д. Лодыгин, А. Б. Родная//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2008. — № 3 (16). — С. 63–67.
42. Храмцов, А. Г. Галактоолигосахариды: состояние и перспективы производства [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др.//Молочная промышленность, 2008. — № 12. — С. 53–54.
43. THE IMPORTANCE OF WHEY AND WHEY COMPONENTS IN FOOD AND NUTRITION. *Proceedings of the 3rd International Whey Conference. Munich, 2001.*
44. Храмцов, А. Г. Мировые тенденции в переработке сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, С. А. Рябцева, И. А. Евдокимов//Переработка молока. — 2009. — № 5. — С. 18–20.
45. Симпозиум ММФ в Москве — знаковый этап международного сотрудничества [Текст]//Молочная промышленность. — 2007. — № 7. — С. 37–42.
46. Храмцов, А. Г. Теоретические и практические аспекты значимости лактозы в биоценозе нашей планеты [Текст]/А. Г. Храмцов//Вестник СевКавГТУ. — 2007. — № 1 (10).
47. Синельников, Б. М. Современное состояние и перспективы развития технологии лактозы и ее производных (по материалам симпозиума Международной молочной федерации «Лактоза и ее производные») [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов и др.//Вестник СевКавГТУ. — 2007. — № 3 (13).
48. Волкова, Т. А. И слова о сыворотке [Текст]/Т. А. Волкова, Э. Ф. Кравченко//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 34–36.
49. Экономичная технология сушки сыворотки ООО «Ангидро Групп» [Текст]//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 48–49.
50. Храмцов, А. Г. Рыночная концепция полного и рационального использования молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 7–12.
51. Овчарова, Г. П. Электродиализ сыворотки: практика применения на Брюховецком МКК [Текст]/Г. П. Овчарова, П. В. Галат//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 62–63.
52. Богданова, Н. А. Суфле на основе молочной сыворотки [Текст]/Н. А. Богданова, П. Г. Нестеренко, В. А. Самойлов//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 75.

53. Соколенко, Г. Г. Дрожжесывороточный концентрат [Текст]/Г. Г. Соколенко, К. К. Полянский, Д. А. Гурторов//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 69–70.
54. Волкова, Т. А. Угледводно-минеральная кормовая добавка на основе соленой подсырной сыворотки [Текст]/Т. А. Волкова//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 104.
55. Свириденко, Ю. Я. Гидролизаты термокоагулированных белков молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко, Д. В. Абрамов, Д. М. Свириденко и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 66–67.
56. Куленко, В. Г. Интенсификация кристаллизации лактозы в сгущенных и сухих продуктах [Текст]/В. Г. Куленко, Е. А. Фиалкова, Е. М. Костюков и др.//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 61.
57. Кравченко, Э. Ф. Состояние и перспективы использования молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко//Сыроделие и маслоделие. — 2000. — № 2.
58. Хортоп, Б. С. Переработка и утилизация сыворотки [Текст]/Б. С. Хортоп//Молочная промышленность. — 2003. — № 10.
59. Евдокимов, И. А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. — 2006. — № 2. — С. 34–36.
60. Кравченко, Э. Ф. Использование молочной сыворотки в России и за рубежом [Текст]/Э. Ф. Кравченко//Молочная промышленность. — 2005. — № 4. — С. 56–58.
61. Кравченко, Э. Ф. Рациональное использование молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко, О. А. Яковлева//Молочная промышленность. — 2007. — № 8. — С. 46–48.
62. Евдокимов, И. А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 36–43.
63. Храмцов, А. Г. Реализация инновационных технологий переработки молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов//Переработка молока. — 2009. — № 5. — 8–11.
64. Евдокимов, И. А. Мировые тренды и тенденции развития технологий переработки молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2009. — С. 75–76.
65. Кравченко, Э. Ф. Организация рационального использования молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2009. — С. 77–79.
66. Евдокимов, И. А. Стратегия переработки молочной сыворотки в отечественных условиях [Текст]/И. А. Евдокимов//Переработка молока. — 2009. — № 4. — 38–40.
67. Кустов, Н. П. Исследование особенностей переработки молочной сыворотки (на примере Алтайского края) [Текст]/Автореф. дис.... канд. техн. наук 05.18.04/Кустов Николай Петрович. — Кемерово: КемТИПП. — 2004. — 18 с.
68. Новый продукт ГК «Холод» [Текст]//Молочная промышленность, 2008. № 11, — С. 57.
69. Попова, Т. Производство напитков на основе молочной сыворотки [Текст]/Т. Попова//Молочная промышленность, № 11, 2008. — С. 51.
70. Мельникова, Е. И. Исследование биотехнологического потенциала творожной сыворотки: модификация химического состава, прогнозирование качества и новые технологические решения [Текст]/Дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Мельникова Елена Ивановна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2007. — 458 с.
71. Мельникова Е. И. Творожная сыворотка: опыт переработки и новые технологические решения [Текст]/Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская, Л. В. Голубева. — Воронеж: ВГТА, 2009. — 236 с.
72. Волкова, Т. А. Рациональное использование молочной сыворотки [Текст]/Т. А. Волкова, Э. Ф. Кравченко//Сыроделие и маслоделие. — 2003. — С. 29–30.
73. Свириденко, Ю. Я. Продукты на основе ферментативного гидролиза лактозы и белков молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко, Д. В. Абрамов, Г. М. Свириденко и др.//Сборник материалов Международного НПС «Современные направления переработки сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — С. 44–46.
74. Перфильев, Г. Д. Биоконцентрат подсырной сыворотки [Текст]/Г. Д. Перфильев, Т. А. Волкова//Молочная промышленность. — 2006. — № 6.
75. Волкова, Т. А. Сухие концентраты молочной сыворотки [Текст]/Т. А. Волкова//Молочная промышленность. — 2006. — № 6.
76. Свириденко, Ю. Я. Научное обеспечение промышленной переработки молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко//Молочная промышленность. — 2006. — № 6.
77. Шергин, Н. А. Безотходная переработка подсырной сыворотки на угличском сыродельном заводе [Текст]/Н. А. Шергин, Е. Н. Куртова//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 38–40.
78. Кравченко, Э. Ф. Новый пробиотический продукт на основе сывороточных белков [Текст]/Э. Ф. Кравченко, Г. Д. Перфильев, О. А. Яковлева // Сборник материалов научно-практической конференции «Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития» — Углич, 2003. — С. 90–91.

79. Плисов, Н. В. Галактамин — новый лечебный препарат на основе гидролизатов сывороточных белков [Текст]/Н. В. Плисов, Ю. Я. Свириденко//Сборник материалов научно-практической конференции «Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития» — Углич. — 2003. — С. 92–93.
80. Плисов, Н. В. Полисом-Ф — Улучшитель хлебопекарных свойств пшеничной муки на молочной основе [Текст]/Н. В. Плисов, Э. Ф. Кравченко//Сборник материалов научно-практической конференции «Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития». Углич. — 2003. — С. 93–94.
81. Аписимов, С. В. Переработка молочной сыворотки на ОАО «Молочный комбинат «Ставропольский» [Текст]/С. В. Аписимов, Г. В. Бурцев и др.//Сборник материалов Международного НПС «Современные направления переработки сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — С. 84–85.
82. Бурцев, Д. Г. Опыт производства и маркетинга концентратов молочных с использованием подсырной и творожной сыворотки [Текст]/Д. Г. Бурцев, А. Г. Вардамян//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008.
83. Храмцов, А. Г. Технологическая схема получения бифидогенного концентрата из молочной сыворотки в смеси с обезжиренным молоком с лактулозой [Текст]/А. Г. Храмцов, В. Н. Черпобасев, Г. С. Вардамян, Д. Г. Бурцев//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008.
84. Ходос, А. И. Опыт переработки подсырной сыворотки [Текст]/А. И. Ходос, М. А. Кириенко, А. В. Кириенко//Молочная промышленность. — 2008. — № 2.
85. Дымар, О. В. Альтернативные варианты переработки сыворотки [Текст]/О. В. Дымар//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 16–18.
86. Здитовенская, Ю. М. Отделение сырной пыли из сыворотки: целесообразность в технологическом и экономическом аспектах [Текст]/Ю. М. Здитовенская, К. В. Обьедков, И. Б. Фролова//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008.
87. Мусина, О. Н. Нетрадиционный алгоритм изучения состояния вопроса в пищевых отраслях [Текст]/О. Н. Мусина//Научно-технический журнал КемТИПП «Техника и Технология пищевых производств», № 1 (16). 2010. — С. 78–81.

Не навреди

Раздел II

Вступление

Современные энергосберегающие и экологически чистые способы промышленной обработки молочной сыворотки

Промышленная переработка молочной сыворотки неизбежно связана с направленным и управляемым воздействием на нее как на биотехнологическую систему (БТС) — это обработка сыворотки. Даже простое хранение молочной сыворотки приводит к заметным изменениям — повышается кислотность, изменяется цвет (помутнение), снижается содержание лактозы, идет протеолиз остаточного (молекулярного) казеина и сывороточных белков. Заметно снижается энергетическая ценность молочной сыворотки, что следует учитывать на практике, в том числе при определении стоимости молочной сыворотки. В настоящее время считается, что молочную сыворотку, независимо от того, как она будет дальше использована, необходимо перерабатывать немедленно или не позднее, чем через 3 часа после ее получения. Хотя, видимо, сразу же следует заметить, что, возможно, в недалеком будущем молочную сыворотку, извлеченную из технологического потока в стерильных условиях (а не через традиционный в отрасли «лягушатник» — бассейн в подвальном помещении для удобства слива), будут термостатировать для наращивания желательного биологического потенциала (синтез бактериоцинов — биогенных антибиотиков) за счет естественно присутствующей системы биокатализаторов (закваски с остатками фермента и метаболитов). Об этом в свое время, применительно к подсырной сыворотке, говорил известный в отрасли микробиолог А. В. Гудков.

Выбор способа обработки молочной сыворотки в первую очередь обуславливается ее исходным составом и требованиями к качеству готового продукта. На действующих предприятиях стремятся максимально использовать имеющийся технологический парк машин (аппаратов) и существующие производственные площади. Это позволяет организовать рациональную (Евдокимов И. А. Рациональность и некоторые экономические аспекты переработки сыворотки // Молочна промисловість. Украина — № 2 (37), 2007. — С. 10–16) переработку молочной сыворотки.

В монографии будут рассматриваться как традиционные (рациональные) методы, так и новые, оригинальные и особенно перспективные (т.н. технологии будущего) способы направленного и управляемого воздействия на молочную сыворотку, как биотехнологическую

систему, так и на ее отдельные компоненты (комплексы) для достижения желаемого результата по принципу медицины Гиппократ — не навреди! При этом, учитывая подробное описание многих процессов в существующих публикациях, в т. ч. учебном пособии с грифом УМО МинВУЗа РФ (Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие. — М.: ДеЛи принт, 2004), они приводятся по ходу изложения технологий отдельных продуктов. Особенно это касается тепловой денатурации и коагуляции сывороточных белков с последующим отстоем или сепарированием, концентрирования (сгущения) в вакуум-аппаратах, кондуктивной (пленочной) и распылительной сушки, а также процессов кристаллизации лактозы, центрифугирования кристаллизата, размола агломератов и кристаллов. Инновации криоконцентрирования (А. И. Казначеев. Криоконцентрирование молочной сыворотки. Дисс. канд. техн. наук, Ставрополь, 1988) и пенной (В. С. Кузнецов. Исследование процессов пенной сушки молочной сыворотки. Дисс. канд. техн. наук, Ставрополь, 1985) сушки, успешно апробированные на молочной сыворотке, пока остались «на полке».

В соответствии с принципами логистики системного подхода целесообразно рассмотреть в общем аспекте, с точки зрения классики процессов и аппаратов (Процессы и аппараты пищевых производств. Учебник для ВУЗов в двух книгах/колл. авт. под ред. А. Н. Острикова. — СПб: ГИОРД, 2007), а также машин и аппаратов (Машины и аппараты пищевых производств. Учебник для ВУЗов XXI века в двух книгах/авт. колл. под ред. В. А. Панфилова. — М.: Высшая школа, 2001) пищевых производств, адаптацию инженерии машинных технологий на молочную сыворотку.

С современных позиций информационной составляющей по учебникам XXI века, упомянутым выше, молочную сыворотку, о которой в этих изданиях нет речи, следует интерполировать как универсальное сельскохозяйственное сырье — пищевую среду по текстурным признакам с типичными свойствами от чистой жидкости (нанопилтрат) до твердой массы (блочная сыворотка). По технологическим свойствам дисперсная среда молочной сыворотки и продуктов, получаемых из нее, является универсальной (жидкость, газ, твердое тело) со сложным составом — дисперсная фаза и дисперсионная среда со всеми возможными модификациями процессов и аппаратов. К молочной сыворотке применимы все основные законы и методы исследования технологических процессов, в том числе, эксэргия и теория подобия. Простой статистический подсчет показал, что в соответствии с иерархией классификации процессов обработки пищевого сырья по разделам, для молочной сыворотки можно определенно использовать (числитель — всего процессов в разделе, знаменатель — применимо для молочной сыворотки, по нашему видению):

— гидравлические и гидромеханические	6/6;	
— механические	4/3	(+ 1 — сухая сыворотка);
— тепловые	4/4;	
— массообменные	6/5	(+1 — перегонка и ректификация при получении спирта из молочной сыворотки).

Таким образом, из 20 направлений полностью применимы 18 и два могут рассматриваться как возможные.

Соответственно процессам, для переработки молочной сыворотки используется целый набор машин и аппаратов пищевых производств и, безусловно, должна быть реализована концепция академика В. А. Панфилова (В. А. Панфилов. Системный подход к развитию машинных технологий в перерабатывающих отраслях//Изв. ВУЗов. Пищевая Технология, № 1–2, 1995. — С. 98–100) и его последователей (будут упомянуты по тексту монографии, применительно к рассматриваемому объекту) по технологическим линиям путем «разборки и сборки» исходного сырья на компоненты (сформулировано как бы специально для молочной сыворотки), либо комбинированной его обработки. Все машины и аппараты — преобразователи пищевых сред — могут быть использованы при переработке молочной сыворотки. С учетом

специфики ее состава и свойств они должны быть адаптированы или созданы специально. Это особенно следует иметь в виду на практике. Иначе, как это бывало, машины, например, сепараторы для молока, просто выходят из строя при обработке «горячей» сыворотки.

В целом, рассматривая систему процессов, аппаратов, машин и машинных технологий будущего с точки зрения пищевой биотехнологии и инженерии, следует обратить внимание, что применительно к молочной сыворотке методом априорного ранжирования обозначены практически все известные группы и большинство способов обработки жидких видов сельскохозяйственного сырья.

Ниже в табл. II.1 приводится перечень и классификация процессов переработки молочной сыворотки на основе химических и физических свойств (сущности) разделяемых компонентов, предложенная авторским коллективом профессионалов (В. В. Червецов, Т. А. Яковлева, И. А. Евдокимов. Процессы и методы переработки молочной сыворотки. Переработка Молока, № 12, 2007. — С. 30–32) с их пояснениями, в которых сведены и отражены основные преимущества и недостатки каждого из представленных методов.

Таблица II.1. Классификация процессов переработки молочной сыворотки, основанная на молекулярных свойствах разделяемых веществ

Методы обработки	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
Коагуляция сывороточных белков	Для изменения нативного состояния белка (денатурации) применяются такие способы: облучение, механическое воздействие, нагревание, изменение pH среды. Чаще всего используют последние два метода или их совокупность — введение в сыворотку реагентов-коагулянтов (соляной кислоты, кислой сыворотки, хлористого кальция и др.) способствует более полной тепловой денатурации	Доступность метода и простота аппаратурно-процессового оформления обуславливает его широкое применение	Нагревание молочной сыворотки ведет к частичной или полной денатурации белков, а также к реакциям между отдельными фракциями белков или между белками и другими составными частями сыворотки. При нагревании сыворотки на греющих поверхностях аппаратов образуется трудноудаляемый пригар. Действие реагентов-коагулянтов избирательно по отношению к разным видам сыворотки.
Центрифугирование (сепарирование)	Разделение компонентов молочной сыворотки основано на разном поведении частиц в поле центробежных сил. Частицы, имеющие разную плотность, форму и размеры, осаждаются с разной скоростью. Используются для выделения из молочной сыворотки жира, казеиновой пыли, коагулированных сывороточных белков, отделения кристаллов молочного сахара, некоторых других технологических процессов	Использование сепаратора обеспечивает поточную обработку сыворотки без снижения ее качества, с получением казеиновой пыли в виде белковой массы и молочного жира в виде подсырных сливок. Непрерывное получение влажных кристаллов молочного сахара в центрифуге	Не удастся достигнуть полного выделения белковых веществ и фракционировать белковую массу, не удастся выделить мелкие кристаллы лактозы, которые уходят в мелассу

Продолжение табл. II.1.

Методы обработки	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
Консервирование	В основе консервирования лежат следующие процессы: — прекращение жизнедеятельности микроорганизмов; — прекращение биохимических процессов, происходящих в сыворо- ротке под влиянием ферментов; — торможение окислительно-вос- становительных реакций	Доступность метода, простота аппаратурного оформления. Экономический эффект от консервирования сы- вороточных концентратов происходит за счет сниже- ния их потерь при транс- портировке и хранении на 8–12%	Введение дополнитель- ных компонентов в сыворотку отрица- тельно влияет на ее органолептические свойства, ухудшение органолептики сухой сыворотки и процесса кристаллизации лак- тозы, износ вакуум- выпарных аппаратов, вследствие коррозии грееющих стенок
Биологические	Биологическую обработку мо- лочной сыворотки проводят микроорганизмами, дрожжами, ферментами, полисахаридами (пектин, хитозан) с целью повы- шения ее питательной ценности за счет обогащения полезными веществами или получения ряда специфических свойств и про- дуктов, обладающих лечебно- профилактическим действием	Одновременное сочетание доступности метода и воз- можности получения гаммы продуктов на основе мо- лочной сыворотки, начиная от напитков и заканчивая антибиотиками, в т. ч. выде- ление сывороточных белков в пассивном состоянии	Возможность проте- кания побочных процессов
Мембранные: МФ УФ НФ ОО	Сущность метода основа- на на способности пре- одоления компонентами молочной сыворотки се- лективно проникаемого барьера — мембраны	Разделение может выполнять- ся непрерывно; энергетические затраты, как правило, низки; мембранные процессы легко сочетаются с другими про- цессами разделения; разделение выполняется в мяг- ких условиях; свойства мембран значительно различаются, и их можно контролировать; не требуется каких-либо добавок; возможность фракциониро- вания компонентов молочной сыворотки; деминерализация молочной сыворотки; изменение кислотности сыво- ротки без внесения химичес- ких реагентов	Концентрационная по- лярзация и отложе- ние осадков на мемб- ране (ее загрязнение); низкая скорость транс- порта через мембрану; короткое «время жизни» полимерных мембран специальная подготовка воды для мойки и ре- генерации мембран
электродиа- лиз	Удаление катионов и ани- онов в поле электричес- ких сил		

Окончание табл. II.1.

Методы обработки	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
Концентрирование: сгущение и сушка Криоконцентрирование	Консервирующее воздействие в процессе сгущения молочной сыворотки достигается за счет повышения осмотического давления и накопления молочной кислоты. Криоконцентрирование включает в себя две основные технологические стадии: образование смеси кристаллов льда с концентратом сыворотки и разделение полученной суспензии	Уменьшается объем исходного сырья, снижаются транспортные расходы, увеличивается срок хранения Процесс протекает при низких температурах, что позволяет максимально сохранить свойства исходного продукта	Энергоемкий процесс, сушильные установки громоздки. На греющих стенках вакуум-выпарного аппарата появляется трудноудаляемый пригар. Вследствие длительного теплового воздействия теряется часть витаминов и ферментов. Высокие капитальные и производственные затраты

Как следует из классификации, различия в размерах молекул, сродстве или химической природе помогают осуществить разделение компонентов молочной сыворотки, но сами процессы не обязательно основаны на одинаковых механизмах. Так, например, метод концентрирования, включающий фазовый переход, может выполняться как при испарении влаги (выпаривание воды), так и при ее вымораживании (криоконцентрирование). Ответ на вопрос, какой же из процессов следует предпочесть, часто зависит не только от экономических показателей, но и от конкретной ситуации или задачи. Для рассмотренных процессов различны не только механизм разделения, но и расход энергии. Процессы криоконцентрирования и сгущения включают фазовый переход, поэтому следует учитывать, что должна подводиться или отводиться теплота фазового превращения.

Консервирование требует внесения дополнительных веществ, что отрицательно сказывается на органолептических и технологических свойствах сыворотки, однако при небольших объемах и значительных транспортных затратах это может быть единственным способом сохранения качества сыворотки.

Мембранные процессы протекают без фазового перехода и требуют более низкого потребления энергии, однако требуют и высокой технологической дисциплины и специально подготовленной воды (с низким содержанием железа).

Отдельно стоит остановиться на биотехнологических методах переработки молочной сыворотки, основанных на применении микроорганизмов и ферментов для синтеза углеводов, белков и др. веществ.

Критически рассматривая процессы переработки молочной сыворотки, можно констатировать, что из перечисленных способов наибольший интерес в настоящее время представляют, кроме биологических, мембранные методы (процессы) и их перспективность определяется следующими факторами:

- возможностью разделения компонентов молочной сыворотки при сопоставимых с другими способами материальных затратах;
- получением сывороточных белков в нативном состоянии;
- созданием автоматизированных и компьютеризированных производств (безлюдные технологии);
- обеспечением безотходности и экологичности технологий.

Безусловно, на выбор процесса переработки сыворотки и формирование технологии для конкретного предприятия могут влиять различные критерии:

- **технические** — должно достигаться необходимое качество продукта и степень извлечения требуемых компонентов;
- **экономические** — на экономику процесса влияет стоимость сырья и выделяемых компонентов, стоимость технологического оборудования и процесса;
- **экологические** — количество сбрасываемой сыворотки и размеры штрафов, сохранение окружающей среды для потомков, угроза закрытия предприятий.

Кроме того, следует упомянуть социальную направленность переработки молочной сыворотки — занятость в условиях кризиса и получение продуктов функционального назначения.

Как правило, для учета всей совокупности критериев, при решении проблемы переработки молочной сыворотки, необходима комбинация нескольких процессов разделения или концентрирования, позволяющая при минимальных затратах обеспечить производство высококачественных и безопасных продуктов, включающих все компоненты молочной сыворотки.

В развитие приведенной классификации, которая может быть признана на данном этапе оптимальной, представляется целесообразным упомянуть ионный обмен, гель-фильтрацию, электрофлотацию, сорбцию-десорбцию, которые могут потенциально иметь место при обработке молочной сыворотки.

Процессы структурирования, гелеобразования, модификации, микропартикуляции, гранулирования с окатыванием, биомембранной обработки, так же как новые терминологические бренды (а за ними процессы): нано-, био-, электро-, мембранная и биомембранная обработки или нанобиомембранные и нанобиоэлектромембранные технологии просятся в жизнь с реальным аппаратурным оформлением и получением промышленных продуктов. Примеры уже имеются. Дело за масштабированием.

Глава 5

Кондиционирование молочной сыворотки

5.1. Общие положения

Проблема бактериальной санации (обеззараживания) молочной сыворотки после ее получения при производстве белково-жировых продуктов логически (с современных гигиенической и технологической точек зрения) является актуальной и реализуется путем тепловой обработки — пастеризации, как непереносимое условие любых технологических решений. Однако эта операция относится к технологии получения продуктов, а не сохранению качества исходной сыворотки. Поэтому вполне закономерной представляется операция по сохранению (обеспечению) качества исходной молочной сыворотки путем кондиционирования. Эту проблему впервые, по нашей рекомендации, сформулировал С. А. Емельянов в докторской диссертации по бактериальной санации молочного сырья в условиях реального биоценоза [1, 2, 3]. Он изучил и предложил для кондиционирования молочной сыворотки по микробиологическим показателям бактериальную санацию низкотемпературной обработкой — т.е. термизацию, аналогично молоку-сырью. Учитывая актуальность вопроса, работа была продолжена по заказу Минсельхоза Ставропольского края под руководством проф. И. А. Евдокимова [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Была разработана необходимая нормативная документация, которая может быть востребована отраслью как бренды — сыворотка молочная «Экстра» и напиток «Освежающий». При этом впервые были исследованы и нормативно подтверждены принципы кондиционирования молочной сыворотки микрофильтрацией.

Специальные системные исследования по проблеме, применительно к молочной сыворотке, в рамках ее феномена как универсального молочного сырья, были поставлены аспирантом СевКавГТУ Е. Р. Смирновым [11]. Они реализованы в виде оригинальных технологий по направленной обработке молочной сыворотки термизацией (бактериальная санация) и микрофильтрацией, в рамках концепции кондиционирования.

Ниже излагаются краткие результаты этих исследований и публикаций по проблематике.

Следует обратить внимание, что проблема кондиционирования молочного сырья, в том числе молочной сыворотки, всегда находила понимание, поддержку и развитие во ВНИМИ (академик В. Д. Харитонов с коллегами), что показывает ее востребованность отраслью и подчеркивает наше многолетнее творческое содружество.

5.2. Обоснование технического решения

Сравнительный анализ эффективности различных методов обработки молочного сырья в целом, в т. ч. молочной сыворотки в частности (тепловая обработка; мембранные методы — микрофльтрация; сорбция-десорбция; бактофугирование; дезактивация ионообменными смолами; денитрификация биосинтезом; охлаждение в проточном теплообменнике; применение растворов пероксида водорода и ионов серебра; различные виды волновых излучений, давление и др.), с целью улучшения его физико-химических, микробиологических и биотехнологических свойств (рис. 5.1) показывает, что они имеют не общее, а селективное положительное воздействие на те или иные загрязнения [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и др.].

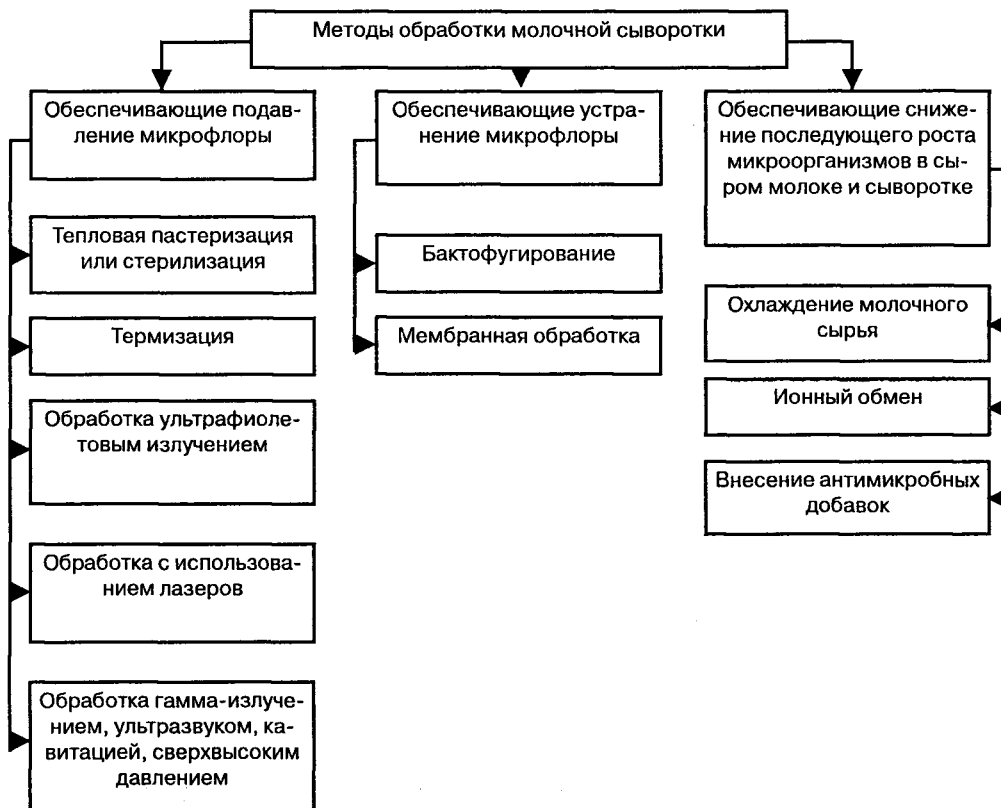


Рис. 5.1. Методы снижения бактериальной обсемененности молочного сырья по В. Д. Харитонову (адаптировано к молочной сыворотке)

Управляемая тепловая обработка является наиболее эффективным способом борьбы с бактериальной обсемененностью молочного сырья, однако далеко не все режимы обеспечивают сохранение его физико-химических свойств. Тепловая обработка, с одной стороны, резко уменьшает в молоке количество посторонней микрофлоры, создавая тем самым условия для направленного регулирования микробиологических процессов; с другой стороны — с повышением температуры сильно изменяются первоначальный состав и свойства сырья: снижается содержание растворимых кальциевых солей, происходит денатурация сывороточных белков, увеличивается средний диаметр казеиновых частиц и стабильность белков к воздействию этанола, повышается содержание белковых компонентов с наибольшей молекулярной массой, уменьшается содержание нуклеиновых кислот, постепенно снижается концентрация ионизированного кальция и величина pH. Одним из известных способов бактериальной санации молочного сырья является термизация (мягкая тепловая обработка нагреванием), которая не отражается существенно на его составе и особенно биологических свойствах [19, 20].

На основании критического анализа имеющейся информации, в том числе монографии ММФ [21], исследованы альтернативные варианты тепловой обработки молочной сыворотки по мягкому режиму, обеспечивающему управляемое снижение ее бактериальной обсемененности и длительное сохранение физико-химических свойств и состава.

Научно-технической предпосылкой решений являлись результаты широкомасштабных исследований специалистов СевКавГТУ, ВНИМИ и молочного комбината «Ставропольский» по санации молока-сырья [3, 22, 23, 24].

Ранее проведенные исследования влияния тепловой обработки на физико-химические показатели сыворотки [25] показывают, что при нагревании ее с 50 °С начинается процесс агломерации глобул белка, обусловленный их денатурацией, и мутность сыворотки резко уменьшается. Денатурированные белки, потеряв устойчивость, при 75–80 °С образуют хлопья, которые медленно оседают. Наиболее интенсивно этот процесс проходит при кислотности молочной сыворотки 30–35 °Т (pH 4,4–4,6), что совпадает с изоэлектрической точкой лактоальбуминовой фракции белков сыворотки. Установлено, что порог денатурации сывороточных белков находится на уровне 50–65 °С, видимая коагуляция наблюдается при 75–80 °С, а оптимум теплового воздействия соответствует 90–95 °С. При нагревании сыворотки до 65–70 °С на поверхностях аппаратов интенсивно выделяется белок, который образует трудноудаляемый слой пригара, ухудшающий процесс теплообмена. Следует обратить внимание и на то, что при стужении сыворотки под вакуумом используют температуры 55–65 °С. Таким образом, при тепловой обработке сыворотки для уменьшения ее бакобсеменности температурным пределом является (62 ± 2) °С. Это позволит избежать денатурации сывороточных белков и их налипания на поверхностях теплообмена [5, 8, 9, 10, 26, 27, 28].

5.3. Результаты лабораторных исследований и производственных испытаний

В результате лабораторных наблюдений и производственных экспериментов [3] предложен способ резервирования молочной сыворотки с понижением бактериального загрязнения, исключающий потерю ее первоначальных свойств. В табл. 5.1 приведена статистика по динамике изменения физико-химических и микробиологических показателей в процессе управляемой тепловой обработки смеси подсырной и творожной сывороток (производственные образцы).

Таблица 5.1. Показатели молочной сыворотки при ее тепловой обработке

Режимы тепловой обработки				Кислотность, °Т	рН	Термоустой- чивость, класс	Концентрация микробных клеток	
Первая обработка		Хранение после 1-й обработки					КМАФАнМ, КОЕ/г	Кишечная палочка (БГКП)
Темпера- тура, °С	Время, с	Темпера- тура, °С	Время, ч					
Контроль (исходная сыворотка)				14,0	6,28	I	2,3.10 ⁷	Обн. в 0,001
65	20	62	0	12,5	6,28	I	5,6.10 ⁵	Не обн. в 10
—	—	60	1	12,5	6,28	I	8,8.10 ⁴	Не обн. в 10
—	—	58	2	12,5	6,28	I	5,3.10 ³	Не обн. в 10
—	—	56	3	12,5	6,28	I	9,6.10 ³	Не обн. в 10
—	—	54	4	13,0	6,30	II	6,4.10 ⁴	Не обн. в 10

Приведенные в таблице данные позволяют утверждать, что все режимы (опыт) обеспечивают бактериальную санацию обрабатываемой молочной сыворотки. На рис. 5.2 визуализирована картина кинетических изменений некоторых физико-химических показателей и бактериального пула молочной сыворотки во времени. Так как по принятым в отрасли режимам тепловой обработки молочной сыворотки [29] оптимальным является 63–65 °С с выдержкой 30 мин (порог тепловой денатурации сывороточных белков), термизацию молочной сыворотки (по предложенному режиму) при температуре до (62 ± 2) °С возможно проводить на пластинчатом пастеризаторе, не опасаясь образования налета на поверхностях теплообмена. Предлагаемая технология с низкотемпературной тепловой обработкой позволяет добиться стабилизации и сохранения качества исходной сыворотки.

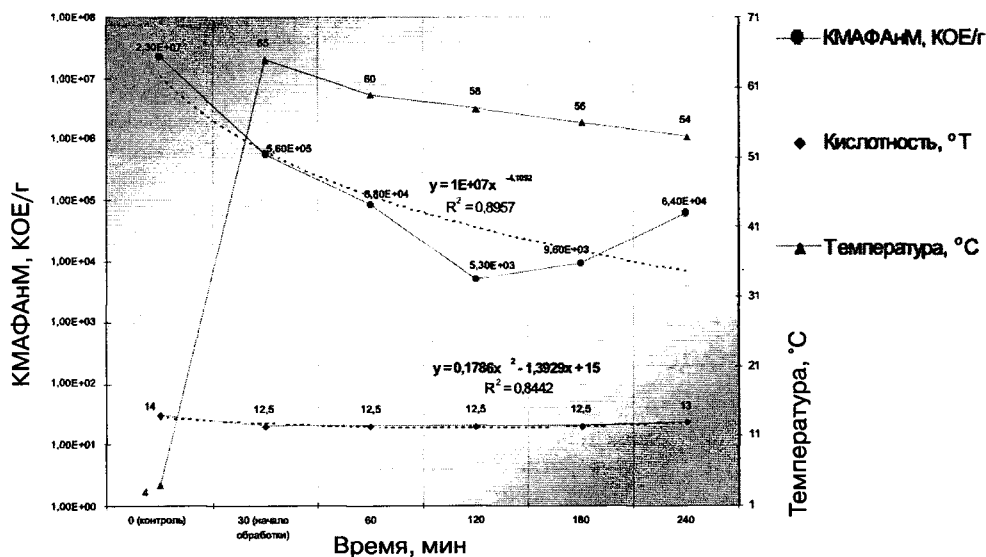


Рис. 5.2. Микробиологические и физико-химические изменения в сыворотке при ее термической обработке

Принципиальная технологическая схема алгоритма тепловой обработки молочной сыворотки с выдержкой по мягкому режиму представлена на рис. 5.3.

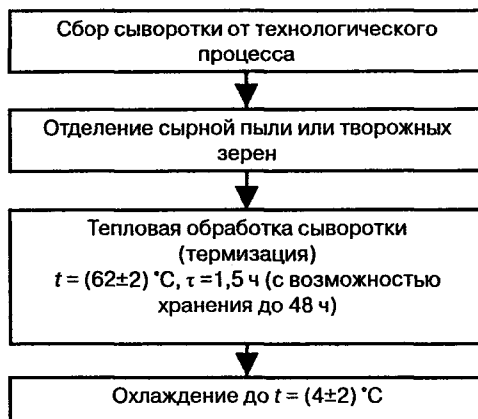


Рис. 5.3. Принципиальная технологическая схема алгоритма тепловой обработки сыворотки по мягкому режиму

Оригинальность технологического приема заключается в низкотемпературной тепловой обработке (термизации) молочной сыворотки $(62 \pm 2)^\circ\text{C}$ с последующей ее выдержкой (1,5 ч при $62\text{--}58^\circ\text{C}$) и охлаждением до температуры $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$. По результатам исследований, после такой обработки молочная сыворотка способна храниться без изменения ее свойств в течение 48 часов. При этом первоначальная бактериальная обсемененность (КМАФАнМ) молочной сыворотки падает на четыре порядка (на два порядка после термизации и еще на два порядка в результате выдержки: $n \cdot 10^7 \rightarrow n \cdot 10^5 \rightarrow n \cdot 10^3$ КОЕ/г, при n от 1 до 9), полностью уничтожается БГКП. Кислотность снижается на 2 °Т.

На основе проведенных исследований и их практической адаптации в производственных условиях разработана нормативно-техническая документация для молочной промышленности Ставропольского края с брендом «Экстра», которая может быть востребована отраслью на федеральном уровне.

5.4. Микрофилтрационная обработка молочной сыворотки

В эксперименте [11] применены три температурных режима микрофилтрации: 37°C , 20°C и 8°C . Использовались керамические мембраны немецкой фирмы *TAMI Industries* с размером пор от 0,2 до 0,8 мкм. Наилучшие результаты по бактериальной очистке молочной сыворотки были получены на мембранах с размером пор 0,2–0,3 мкм, при условии отделения казеиновой пыли, или творожных зерен и жира перед процессом микрофилтрации. На рис. 5.4 показана опытно-промышленная установка НПО «Мир-Продмаш», на которой проводились исследования в производственных условиях.

Схема эксперимента представлена на рис. 5.5.

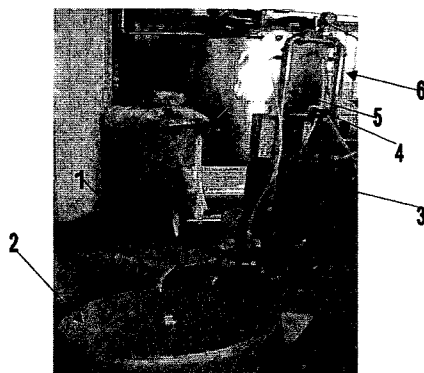


Рис. 5.4. Экспериментальная микрофльтрационная установка НПО «Мир-Продмаш»
1 — плунжерный насос; 2 — емкость для продукта; 3 — блок управления;
4 — линия фильтата; 5 и 6 — мембранные модули

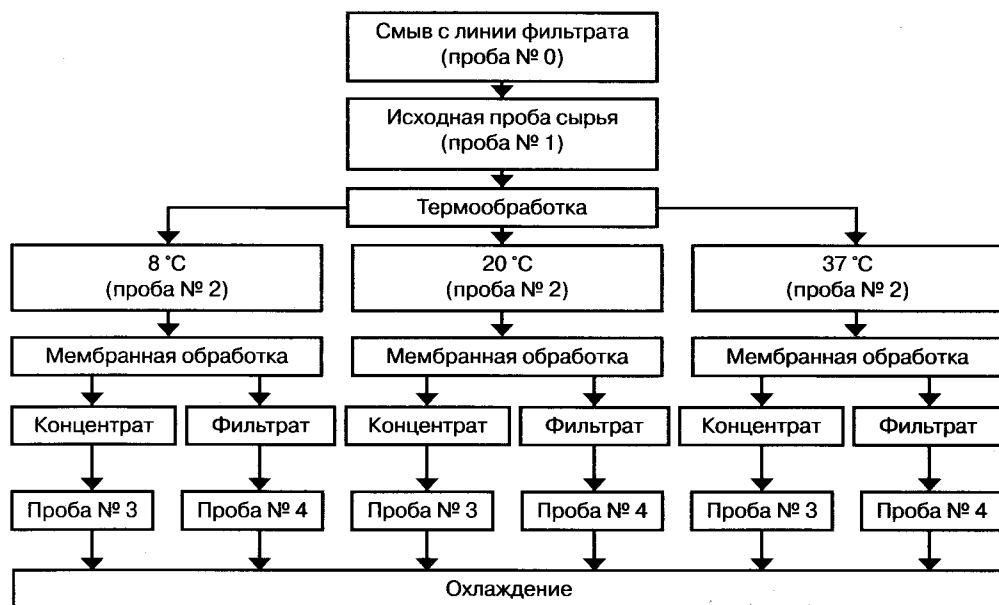


Рис. 5.5. Схема эксперимента бактериального кондиционирования молочной сыворотки мембранной обработкой

Результаты микробиологических исследований по кондиционированию молочной сыворотки мембранным методом показали, что микрофльтрация является эффективным способом бактериальной очистки при широком спектре температурных режимов. Целью исследования являлось выяснение динамики и качества процесса очистки молочной сыворотки при низких температурах, препятствующих развитию молочно-кислой микрофлоры с накоплением нежелательных продуктов метаболизма и изменением физико-химического состава сырья. В исследованных пробах были обнаружены молочно-кислые бактерии, плесени и дрожжи. Патогенные микроорганизмы (сальмонеллы и *S. aureus*) и БГКП отсутствовали.

Микробиологический состав исследуемой творожной сыворотки сравнивался со стандартными показателями сырья. Результаты посевов молочной сыворотки на некоторых этапах микрофильтрационной обработки приведены на рис. 5.6.

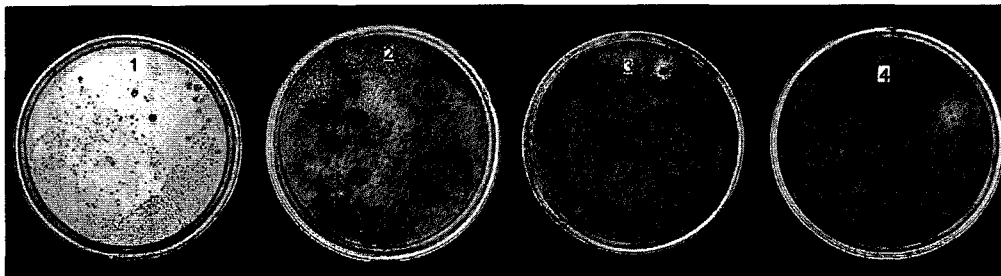


Рис. 5.6. Посевы молочной сыворотки на разных этапах микрофильтрационной обработки: 1 — проба сырья на приемке; 2 — проба концентрата после процесса при 37 °С; 3 — проба концентрата после процесса при 20 °С; 4 — проба концентрата после процесса при 8 °С

Отражая фон микробиологической обсемененности, представленная на рис. 5.6 картина не раскрывает сути происходящих в молочной сыворотке процессов. Графическая интерпретация микробиологических показателей по стадиям процесса приведена на рис. 5.7.

Обсуждение полученной информации позволило сделать следующие заключения.

Качество сырья на приемке характеризуется достаточно высокой обсемененностью молочно-кислыми микроорганизмами рода *Lactobacillus* ($2,6 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) и *Streptococcus thermophilus* ($3,5 \cdot 10^5$ КОЕ/см³), а так же дрожжами ($2,2 \cdot 10^4$ КОЕ/см³), что показано на рис. 5.7. Присутствие плесеней стандартными методиками обнаружить не удалось (рис. 5.7, п. 4).

Смывы с линии фильтрата, показывающие степень микробиологической чистоты мембранной установки, позволили обнаружить высокую концентрацию молочно-кислой микрофлоры рода *Lactobacillus* ($2,1 \cdot 10^5$ КОЕ/см³) и незначительное присутствие дрожжевых клеток (рис. 5.7, п. 2, 3).

Исследование подготовленного к процессу микрофильтрации исходного сырья показало, что при 8 °С происходит подавление молочнокислой микрофлоры (рис. 5.7, п. 2) и незначительный рост психрофильных микроорганизмов (рис. 5.7, п. 3, 4), удаляемых путем мембранной обработки. При 20 и 37 °С наряду с подавлением роста дрожжей и плесеней (рис. 5.7, п. 3, 4) происходит незначительное повышение концентрации *Streptococcus thermophilus* (рис. 5.7, п. 1). В тоже время при 8 °С происходит незначительный рост дрожжей и плесеней (рис. 5.7, п. 3, 4), вызванный начальным бактериальным загрязнением; снижение концентрации *Streptococcus thermophilus* (рис. 5.7, п. 1) и *Lactobacillus* (рис. 5.7, п. 2). В концентрате при 20 и 37 °С отмечался незначительный рост *Streptococcus thermophilus* (рис. 5.7, п. 1), подавление роста психрофильных микроорганизмов (рис. 5.7, п. 3, 4); концентрация *Lactobacillus* существенно не изменялась (рис. 5.7, п. 2).

Исследования фильтрата показали высокую эффективность мембранного метода очистки молочной сыворотки от бактериальных загрязнений при температуре 8 и 20 °С. При 37 °С в фильтрате концентрация *Lactobacillus* (рис. 5.7, п. 2) изменилась всего на два порядка (с $2,6 \cdot 10^6$ до $2,0 \cdot 10^4$ КОЕ/см³); дрожжи обнаружены в незначительном количестве (рис. 5.7, п. 3).

В процессе микрофильтрации при выбранных режимах во всех случаях наблюдалось снижение кислотности в фильтрате и ее активное нарастание в концентрате (табл. 5.2).

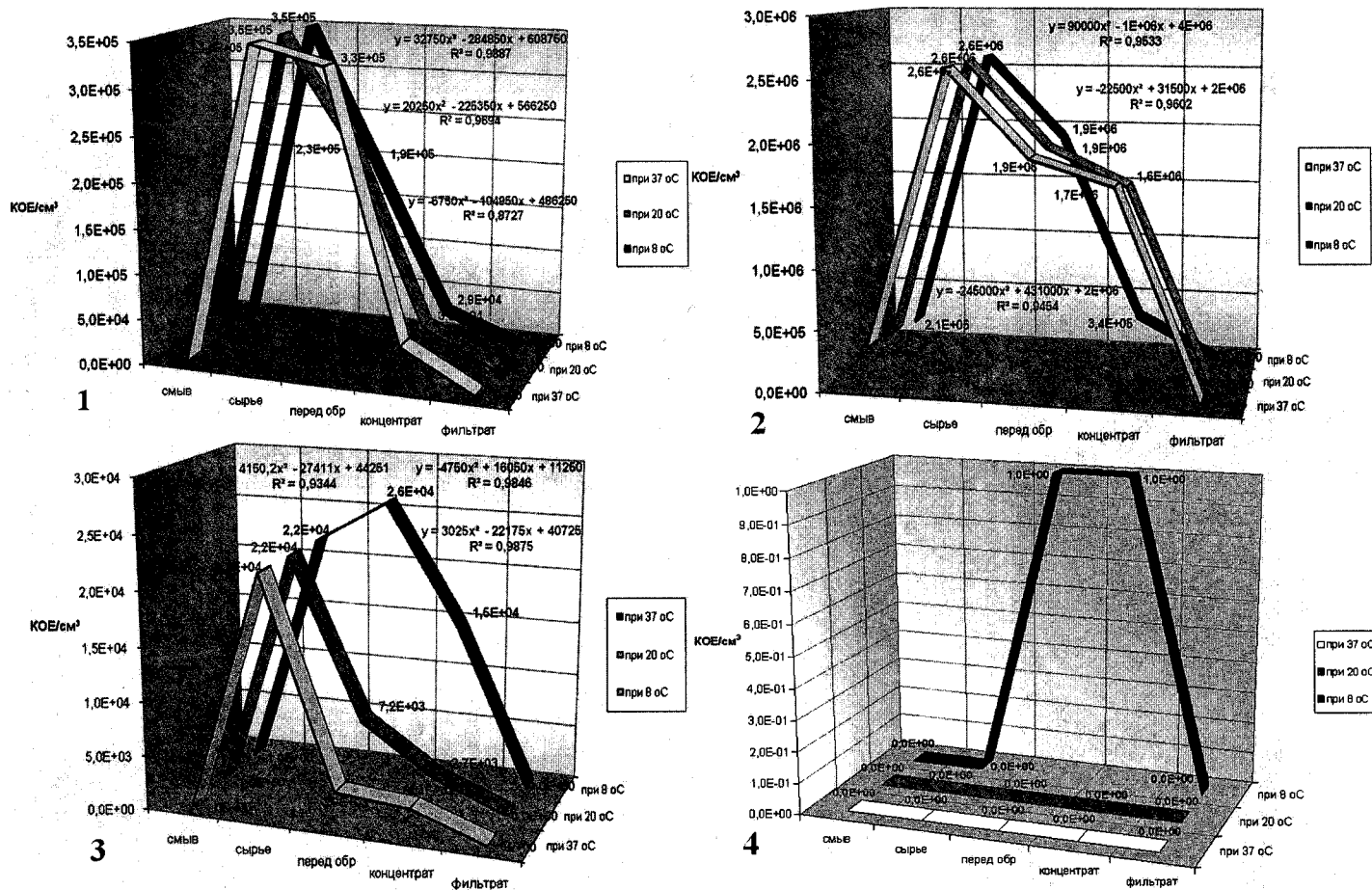


Рис. 5.7. Изменение микробного пула молочной сыворотки: 1 — *Streptococcus thermophilus*; 2 — *Lactobacillus*; 3 — дрожжи; 4 — плесени

Таблица 5.2. Динамика изменения кислотности молочной сыворотки в процессе эксперимента

Образец	Термоустойчивость, класс	pH	Кислотность, °Т
Исходная проба (контроль)	I	4,80	67
Сырье при 8 °С	I	4,91	61
Фильтрат	I	5,05	48
Концентрат	I	4,78	69
Сырье при 20 °С	I	4,75	70
Фильтрат	I	4,98	54
Концентрат	II	4,63	79
Сырье при 37 °С	I	4,65	76
Фильтрат	I	4,96	57
Концентрат	II	4,56	84

При режиме 8 °С удалось снизить титруемую кислотность сыворотки по сравнению с исходной пробой на 19 °Т, при 20 °С — на 13 °Т, а при 37 °С — на 10 °Т. Все исследуемые режимы позволяли достичь уровня кислотности, регламентируемого ГОСТ Р 53438–2009. Однако, в случае протекания процесса при 37 °С существует риск активного накопления продуктов метаболизма бактерий, несмотря на то, что при данном режиме достигается наибольшая интенсивность течения процесса.

Динамика изменения титруемой кислотности молочной сыворотки по стадиям обработки показана на рис. 5.8. В ходе процесса наблюдалась прямая зависимость скорости потока фильтрата от температуры обработки. Наиболее интенсивно из исследуемых режимов процесс протекает при 37 °С.

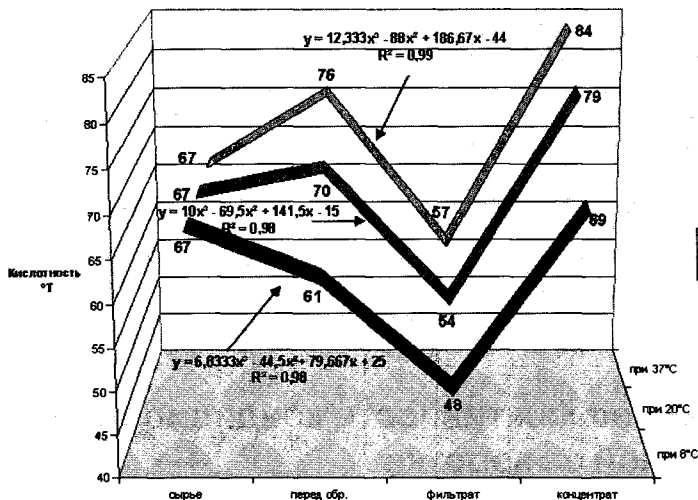


Рис. 5.8. Динамика кислотности молочной сыворотки

Однако, учитывая недостаточную микробиологическую очистку фильтрата при этом режиме, вследствие активного роста микрофлоры в течение мембранной обработки, оптимальным по соотношению производительности и качества является процесс разделения, протекающий при 20 °С, а по степени бактериальной очистки, включая продукты метаболизма — при 8 °С.

На основании проведенных исследований предложено технологическое решение по бактериальной санации молочной сыворотки микрофильтрацией с элементом кондиционирования (по микрофлоре).

5.5. Инновационная технология низкотемпературной микрофильтрационной обработки молочной сыворотки с использованием термизации

В соответствии с разработанной нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке, бактериальная санация молочной сыворотки с использованием микрофильтрации и/или термизации в зависимости от начальной кислотности и бактериальной обсемененности включает следующие операции: микрофильтрация при 20 °С и давлении 0,1–0,5 МПа при кислотности не более 15 °Т для подсырной сыворотки и не более 50 °Т — для творожной или микрофильтрация при 8 °С и давлении 0,1–0,5 МПа при кислотности не более 20 °Т для подсырной сыворотки и не более 68 °Т — для творожной, или низкотемпературной тепловой обработке (термизации) молочной сыворотки при (62 ± 2) °С с последующей ее выдержкой (1,5 ч при 62–58 °С) при кислотности более 20 °Т для подсырной сыворотки и более 68 °Т — для творожной

Обработанная таким образом молочная сыворотка может в дальнейшем использоваться для любых технологических процессов ее переработки, в частности для производства напитков на основе молочной сыворотки, медицинских препаратов, биологически активных добавок, кормовых препаратов и т.д. Одним из примеров переработки молочной сыворотки по предложенной технологии может служить производство напитка с рабочим брендом «Освежающий». Технологический процесс производства напитка отработан и может быть масштабирован.

Общий алгоритм обработки молочной сыворотки различных видов предлагаемым методом показан на схеме (рис. 5.9).

Разработанная технология предварительной обработки молочной сыворотки с сохранением ее биологических и технологических свойств позволяет рационально и эффективно использовать всю БТС в целом и ее отдельные компоненты.

5.6. Оценка эффективности кондиционирования молочной сыворотки

Эффективность бактериальной санации молочной сыворотки показана на рис. 5.10.

Визуально и на основе полученных численных значений следует, что предложенная обработка обеспечивает необходимый уровень санитарного благополучия вырабатываемой из кондиционированной молочной сыворотки продукции.

Для оценки экономической эффективности от применения предложенного способа первичной обработки молочной сыворотки проведено [11] сравнение затрат на его осуществление с затратами на традиционный процесс пастеризации при температуре (78 ± 2) °С. В табл. 5.3 приведена калькуляция стоимости микрофильтрационной обработки сыворотки.

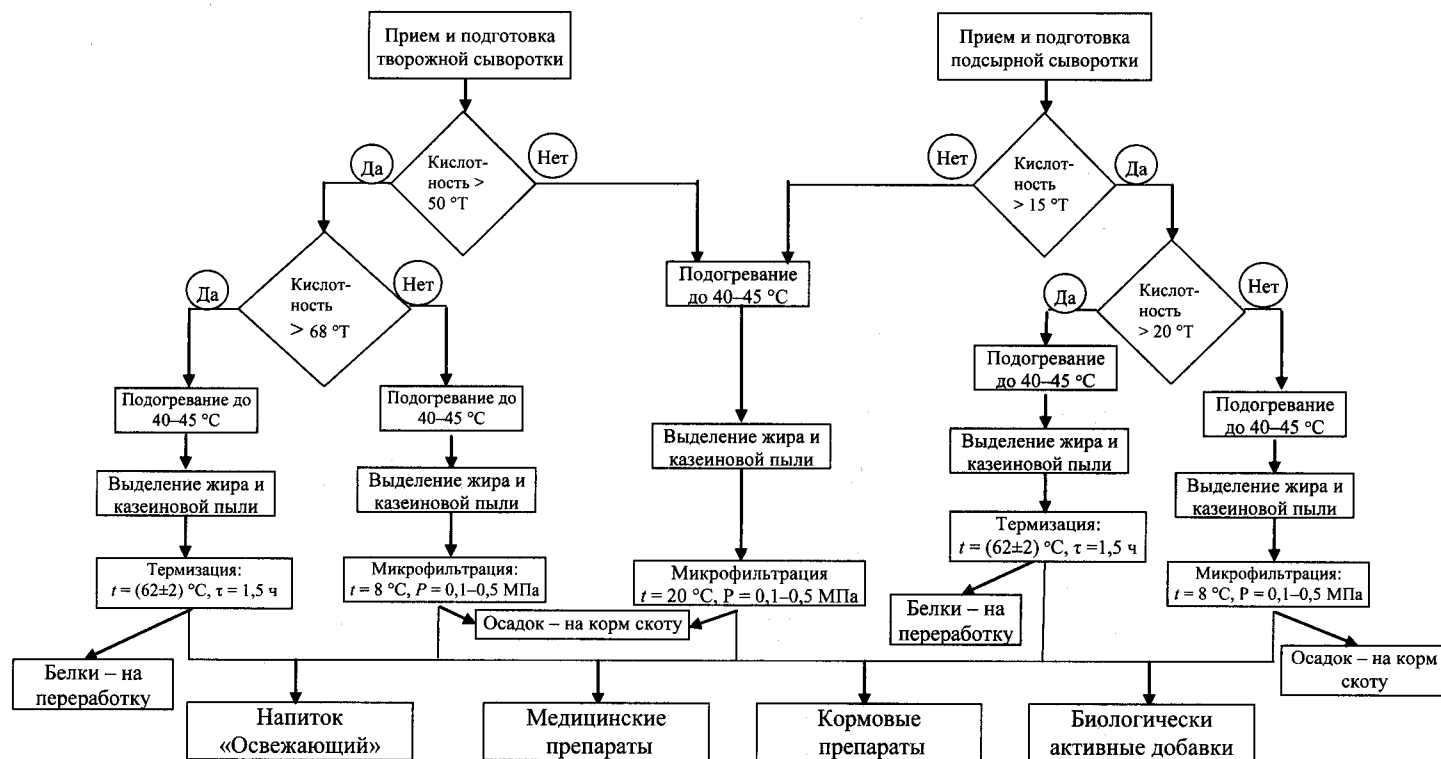


Рис. 5.9. Блок-схема алгоритма вариантов технологий переработки молочной сыворотки с применением низкотемпературной микрофильтрации и термизации

Таблица 5.3. Сравнение затрат на процессы пастеризации и микрофилтрации

Параметр процесса	Пастеризация, руб./т	Микрофилтрация, руб./т
Электроэнергия	21,7	23
Пар	7,4	2
Вода	10,2	5,9
Моющие средства	1,5	3,17
Итого:	40,8	31,3



Рис. 5.10. Эффективность бактериальной санации молочной сыворотки:
 1 — исходная; 2 — после термизации; 3 — после микрофилтрации;
 4 — после термизации и микрофилтрации

Таким образом, расчетным методом установлено, что экономический эффект от применения разработанного способа первичной обработки молочной сыворотки составляет 9,5 рублей с тонны продукта. Экономический потенциал от использования нового способа резервирования молочной сыворотки методом термизации, только за счет сохранения 25 % своей исходной энергетической ценности («недополученная» выгода) в целом по отрасли составляет 1,5 млрд. руб. в год [2]. При этом не рассматриваются экологические аспекты, в плане защиты окружающей среды, которые изложены в специальном разделе главы 3.

5.7. Резюме по главе 5

В целом проблема кондиционирования молочной сыворотки до технологической обработки в широком смысле ждет своего решения — афлотоксины, радионуклиды, нежелательные и нормируемые компоненты (одна фенилкетонурия чего стоит), требуют глубочайшей научной проработки и практического решения. Бактериальная санация термизацией с возможной микрофилтрацией только отдельный пример в феномене молочной сыворотки.

5.8. Литература к главе 5

1. Емельянов, С. А. Санитарно-эпидемиологические аспекты влияния природных микробиоценозов окружающей среды на технологию сырья и качество продуктов животного происхождения [Текст]/С. А. Емельянов. — Ставрополь: ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет», 2007. — 328 с.
2. Емельянов, С. А. Теория и практика термизации молочного сырья [Текст]/С. А. Емельянов. — Ставрополь: ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет», 2007. — 236 с.
3. Емельянов, С. А. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования технологических аспектов бактериальной санации молочного сырья в условиях реального биоценоза [Текст]/Дисс.... д-ра техн. наук: 05.18.07/Емельянов Сергей Александрович. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. — 38 с.
4. Емельянов, С. А. Влияние температуры на развитие микроорганизмов в молоке и молочных продуктах [Текст]/С. А. Емельянов, А. Г. Храмцов [и др.]/Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2006. — № 2 (6). — С. 54–57.
5. Емельянов, С. А. Технологические аспекты микробиологической очистки и резервирования сыворотки низкотемпературной тепловой обработкой [Текст]/С. А. Емельянов, Е. Р. Смирнов [и др.]/Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — 2007. — № 3. — С. 32–34.
6. Емельянов, С. А. Микробиологическая безопасность молочного сырья при выработке кисломолочных продуктов [Текст]/С. А. Емельянов, Е. Р. Смирнов//Кисломолочные продукты — технологии и питание/Тезисы региональной конференции ММФ. Москва, 17 мая 2007 г. — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 281 (англ.), с. 282 (рус.).
7. Емельянов, С. А. Поиск способов удаления спорных форм микроорганизмов из молока-сырья [Текст]/С. А. Емельянов, А. Г. Храмцов [и др.]/Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2007. — № 1 (10). — С. 75–79.
8. Смирнов, Е. Р. Исследование температурных производственных режимов переработки и хранения молочной сыворотки [Текст]/Е. Р. Смирнов, С. А. Емельянов//Живые системы и биологическая безопасность населения/Материалы V Международной научной конференции студентов и молодых ученых. — М.: МГУПБ, 2006. — С. 42–43.
9. Смирнов, Е. Р. Технологические аспекты микробиологической очистки и резервирования сыворотки низкотемпературной тепловой обработкой [Текст]/Е. Р. Смирнов, С. А. Емельянов, И. А. Евдокимов. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2007. — 18 с. — Библиогр. 4 назв. — Рус. — Деп. в ВИНТИ 16.04.2007, № 427.
10. Смирнов, Е. Р. Низкотемпературная обработка сыворотки: технологические и микробиологические аспекты [Текст]/Е. Р. Смирнов, С. А. Емельянов, И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. — 2007. — № 8. — С. 53–55.
11. Смирнов, Е. Р. Разработка технологии кондиционирования молочной сыворотки [Текст]/Дисс.... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Смирнов Евгений Романович. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2009. — 25 с.
12. Гроголь, В. Бактофугирование [Текст]/В. Гроголь//Переработка молока. — 2004. — № 2 (52). — С. 11.
13. Кимова, Э. Т. Биотехнология получения безнитратных молочных продуктов. Сообщение 1. Подбор микроорганизмов — деструкторов нитратов [Текст]/Э. Т. Кимова, С. М. Кунижев, В. С. Григорьева//Сборник научных трудов СКГТУ. Серия «Продовольствие. Молочная промышленность». Вып. 2. — Ставрополь, 1999.
14. Колесников, М. Бактофуги в молочной промышленности [Текст]/М. Колесников//Переработка молока. — 2004. — № 11 (61), ноябрь. — С. 14–15.
15. Кулас, Андрос. Способы увеличения срока годности молока [Текст]/Андрос Кулас, Н. Н. Пасхин//Переработка молока. — 2003. — № 8 (46), август. — С. 28–29.
16. Кунижев, С. М. Подбор микроорганизмов — деструкторов нитратов в молоке [Текст]/С. М. Кунижев, Э. Т. Кимова, В. С. Григорьева//Экология. Пища. Человек/Тезисы докладов 3 Международной научной конференции. 1999 г., июнь. — М.: МГУ прикладной биотехнологии, 1999.
17. Улитенко, А. И. Зависимость качества молока от технологии его первичной обработки [Текст]/А. И. Улитенко, Э. И. Соколовский, В. А. Пушкин//Переработка молока. — 2004. — № 1 (51). — С. 24–25.
18. Харитонов, В. Д. Приемка и первичная обработка молока [Текст]/В. Д. Харитонов, Е. В. Шепелева//Библиотека специалиста. — М.: Молочная промышленность, 1997. — 54 с.
19. Вагнер, В. А. Разработка способа подготовки молока для производства сыров с высокой температурой второго нагревания [Текст]/Дисс.... канд. тех. наук/В. А. Вагнер. — Кемерово: КГУ, 1986. — 124 с.
20. Карликанова, Н. Р. Листерии в молоке и молочных продуктах [Текст]/Н. Р. Карликанова, И. Б. Куваева, С. Н. Карликанова. — Москва — Углич, 1999. — С. 19–107.
21. Документ ММФ. Информация о термизации молока. — 1983. — № 44/64.

22. Храпцов, А. Г. Необходимость бактериальной санации молока-сырья [Текст]/А. Г. Храпцов, С. А. Емельянов [и др.]/Молочная промышленность. — 2006. — № 2. — С. 18–21.
23. Храпцов, А. Г. Необходимость бактериальной санации молока-сырья [Текст]/А. Г. Храпцов, С. А. Емельянов [и др.]/Молочная промышленность. — 2006. — № 3. — С. 11–16.
24. Храпцов, А. Г. Необходимость бактериальной санации молока-сырья [Текст]/А. Г. Храпцов, С. А. Емельянов [и др.]/Молочная промышленность. — 2006. — № 4. — С. 58–61.
25. Храпцов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учебное пособие [Текст]/А. Г. Храпцов, П. Г. Нестерепо. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 578 с.
26. Емельянов, С. А. Лактоза и ее производные в свете исследований лауреатов побелевских премий [Текст]/С. А. Емельянов, С. А. Рябцева [и др.]/Лактоза и ее производные/Тезисы Международного симпозиума ММФ. Москва, 14–16 мая 2007 г. — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 79 (англ.), с. 80 (рус.).
27. Рябцева, С. А. Изменение микробиологических показателей сыворотки в процессе переработки [Текст]/С. А. Рябцева, С. А. Емельянов [и др.]/Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 26–27.
28. Храпцов, А. Г. Микробиология сыворотки и практические аспекты ее хранения [Текст]/А. Г. Храпцов, С. А. Емельянов [и др.]/Современные направления переработки сыворотки. — Ставрополь, 2006. — С. 160–161.
29. Залашко, М. В. Биотехнология переработки молочной сыворотки [Текст]/М. В. Залашко. — М.: Агропромиздат, 1990. — 192 с.

Глава 6

Сепарирование молочной сыворотки

6.1. Общие положения

Проблема сепарирования молочной сыворотки в понятии ее центробежного разделения обычно сводится к выделению молочного жира в виде т. н. «подсырных сливок». Эта операция традиционно является типовой для «жирной» подсырной, а также творожной сыворотки.

В более широком плане — феномена молочной сыворотки, процесс ее сепарирования проблематичен.

Исследования в области процессов и технологии сепарирования молочной сыворотки связаны с развитием научных основ ее переработки. Существенный вклад в это развитие внесли отечественные и зарубежные ученые, такие как М. С. Коваленко, А. А. Розанов, А. Н. Филалков, Э. Ф. Кравченко, П. Г. Нестеренко, В. А. Павлов, К. К. Полянский, И. А. Евдокимов, О. Унгнаде, Ц.-Л. Ридель и другие. Отечественными учеными были сформулированы и развиваются теоретические аспекты процессов сепарирования молочного сырья, в т. ч. молочной сыворотки. Г. И. Бремер, Е. М. Гольдин, В. Г. Жуков, Б. Г. Зуев, В. А. Карамзин, В. В. Карпычев, Г. А. Кук, Н. Н. Липатов, Н. Я. Лукьянов, И. В. Лысковцов, Н. Н. Мизерецкий, О. П. Новиков, С. А. Плюшкин, П. Г. Романков, Е. В. Семенов, В. И. Соколов, В. Д. Сурков, Д. С. Торосян и другие внесли заметный вклад в теоретическое обоснование процессов и создание различных сепараторов для молочного дела, в т. ч. молочной сыворотки. Среди зарубежных исследователей в этой области хорошо известны работы К. Амблера, С. Джури, Х.-Р. Лемана, В. Локка, Дж. Муркеса, К.-Х. Цеттира, Ф. Шмитца и многих других.

В системном виде данную тематику проработал Е. А. Чеботарев в нашем творческом коллективе [1]. Работа в логической последовательности включает рассмотрение системы «Молочная сыворотка», как объекта для обработки в поле центробежных сил; выделение частиц скоагулировавшего казеина (т. н. «сырной или казеиновой пыли»); получение молочного

жира в виде сливок; выделение денатурированных белков в виде подвижной массы. При этом рассмотрение и изучение проводилось на двух уровнях — натуральной сыворотки в нативном состоянии и после концентрирования (сгущенный продукт). Результаты исследований Е. А. Чеботарева в обобщенном виде — технологические аспекты — излагаются ниже.

6.2. Характеристика молочной сыворотки и ее концентратов как объектов центробежного разделения (сепарирования)

Молочная сыворотка и ее сгущенные концентраты рассмотрены как гетерогенные дисперсные системы. Качественная характеристика дисперсных систем в молочной сыворотке и ее сгущенных концентратах представлена в табл. 6.1 [2]. Свойства дисперсной фазы и дисперсионной среды определяют способность гетерогенной системы разделяться под действием гидромеханических факторов. Учитывая, что жировые шарики имеют белковую оболочку, а белковые частицы — мономолекулярный адсорбционный слой, плотность дисперсной фазы можно считать зависимой от двух величин: температуры и размера (эквивалентного диаметра) частицы.

Таблица 6.1. Состав дисперсных систем в молочной сыворотке и ее концентратах

Обозначение системы	Состав дисперсных фаз	Вид дисперсионной среды
ЖС1	КЧ + ЖШ	П1
ЖС2	ЖШ	П1
ЖС3	БС + ЖШ	П2
ЖС4	КЧ + БС + ЖШ	П2
ЖС5	БС	П2
ОС1	КЧ	П1
ОС2	БС	П2
ОС3	КЧ + БС	П2
КС1	КЧ + БС	П3
КС2	КЧ + БС + ЖШ	П3
КС3	БС	П3
КС4	КЧ + ЖШ	П3

Принятые сокращения: ОС — обезжиренная сыворотка; ЖС — жирная сыворотка; КС — концентрированная сыворотка; КЧ — казеиновые частицы; БС — частицы скоагулированного белка; ЖШ — жировые шарики; П — молочная плазма; цифра — вариант системы (среды).

Формирование системы «жировые шарики — плазма» в молочной сыворотке происходит как за счет синерезиса, так и за счет последующего механического воздействия на сгусток.

Большая скорость синерезиса сразу же после разрезки пласта ведет к тому, что сывороткой из сгустка вымывается значительное количество жировых шариков, а формирование системы «жировые шарики — плазма» происходит на ранней стадии получения сырного (творожного) зерна (сгустка). Основное формирование системы «казеиновые частицы — плазма» происходит за счет некачественной разрезки сгустка.

Количество дисперсных частиц системы «хлопья скоагулированных белков — плазма» непосредственно зависит от степени коагуляции белковых веществ в сыворотке. Хороший результат коагуляции и создание устойчивой крупнодисперсной суспензии одновременно ухудшают физико-химические и органолептические свойства получаемого белкового концентрата, а также повышают остаточное количество коагулянта в осветленной сыворотке.

Дестабилизация концентратов молочной сыворотки рассмотрена как процесс образования дисперсных фаз [3]. Исследование характера дестабилизации предопределило выбор вариантов сепарирования сгущенных концентратов молочной сыворотки в двухсекционных барабанах сепараторов: при массовой доле сухих веществ до 20 % — в свежем виде или после хранения и тщательного перемешивания; при массовой доле сухих веществ около 30 % — только в свежем виде.

Изменение плотности ρ и вязкости η плазмы неконцентрированной молочной сыворотки от температуры (t) описывается зависимостями вида [1, 4]:

$$\rho_2(t) = at + b, \quad (6.1)$$

$$\eta(t) = a_1 + b_1 \lg t, \quad (6.2)$$

с коэффициентами, приведенными в табл. 6.2 [1, 4].

Таблица 6.2. Значения коэффициентов уравнений (6.1) и (6.2)

Коэффициенты	Значение для сыворотки			
	подсырной		творожной	
	неосветленной	осветленной	неосветленной	осветленной
a	-0,17	-0,26	-0,20	-0,31
b	1027,56	1026,50	1029,52	1023,70
a_1	3,32	2,48	2,98	2,32
b_1	-1,53	-1,05	-1,34	-0,97

Плотность плазмы концентрированной подсырной сыворотки при температуре 20 °С в зависимости от массовой доли сухих веществ (C), согласно полученному результату, можно определить по формуле [1]:

$$\rho_{cr} = 1005,9e^{0,003C} \quad (6.3)$$

в интервале температур 20–60 °С и массовой доле сухих веществ 13–30 % коэффициент эффективной вязкости плазмы концентрированной подсырной сыворотки изменяется согласно уравнению [1, 4]:

$$\eta_{cr} = 1,87 - 3,58 \cdot 10^{-2}t + 6,44 \cdot 10^{-3}c + 6,05 \cdot 10^{-4}t^2 + 4,08 \cdot 10^{-3}c^2 - 2,30 \cdot 10^{-3}t \cdot c \quad (6.4)$$

При более высокой степени сгущения концентрированная молочная сыворотка начинает проявлять неньютоновский характер течения, поскольку более выраженным становится влияние состояния белковой фракции и для сепарирования такого продукта необходима дополнительная обработка, например, гидролиз лактозы.

Плотность жировых шариков в молочной сыворотке определена с учетом наличия белковой оболочки, толщина которой изменяется в некотором интервале. Тогда зависимость плотности этой дисперсной фазы от температуры и относительной толщины оболочки (d_0) определяется уравнением [1, 5]:

$$\rho_{жш} = 932,2250 - 0,6775t + 6d_0(387,7500 - 0,6775t), \quad (6.5)$$

Плотность белковых частиц (казеиновых частиц и частиц скоагулированного белка) зависит от их влажности, а также определяется с учетом наличия так называемого мономолекулярного адсорбционного слоя жидкости (воды).

Для такого расчета была получена формула [1]:

$$\rho_1(t, d) = \frac{\rho_2(t) \cdot (5,41 \rho_{бч} d + 9 \cdot 10^{-3})}{5,4 \rho_2(t) \cdot d + 9 \cdot 10^{-3}}, \quad (6.6)$$

где $\rho_2(t)$ — функция зависимости плотности дисперсионной среды от температуры, кг/м³; $\rho_{бч}$ — плотность белковой частицы с учетом ее влажности, кг/м³.

Наиболее вероятной фракцией казеиновых частиц в молочной сыворотке являются частицы эквивалентного диаметра около 50 мкм, средневесовой диаметр частиц системы составляет 52,7 мкм. Для хлопьев скоагулированного белка наивероятнейшей фракцией являются частицы диаметром 30–40 мкм [1].

Примеры изменения разделяемости дисперсных систем в молочной сыворотке и ее концентратах от температуры показаны на рис. 6.1 [1].

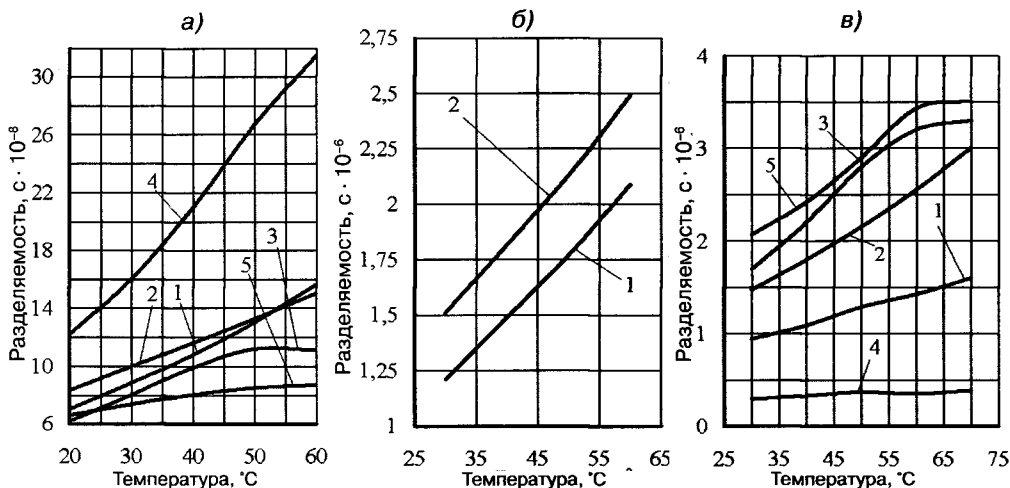


Рис. 6. 1. Разделяемость дисперсных систем в подсырной сыворотке: а — «жировые шарики-плазма» (1 — неосветленная; 2 — осветленная; 3—13 % СВ; 4—20 % СВ; 5—30 % СВ, $d = 1$ мкм); б — «казеиновые частицы — плазма» (1 — неосветленная; 2 — осветленная, $d = 4$ мкм); в — «хлопья скоагулированного белка-плазма» (1 — натуральная, $d = 4$ мкм; 2 — натуральная, $d = 5$ мкм; 3 — концентрированная, 20 % СВ, $d = 10$ мкм; 4 — концентрированная, 30 % СВ, $d = 10$ мкм; 5 — концентрированная, 30 % СВ, $d = 20$ мкм)

Сравнение разделяемости с удельным разделяющим фактором сепараторов позволило определить возможности центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки. Как показали расчеты, остаточное содержания жира в неконцентрированной сыворотке должно быть не более 0,03 %, в концентрированной — не более 0,05 %. Величина разделяемости исследованных дисперсных систем может использоваться при проектировании специальных сепараторов для молочной сыворотки и ее концентратов [6, 7, 8].

6.3. Научно-технические предпосылки сепарирования молочной сыворотки

Основу технологии центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки составляют процессы:

- обезжиривания (разделения);
- выделения скоагулированных частиц казеина и денатурированных сывороточных белков (осветления).

Действующими нормативными документами молочная сыворотка рассматривается как продукт с минимально возможным содержанием жира, т.е. после ее сепарирования (обезжиривания). Это указывает на обязательность сепарирования жирной молочной сыворотки. Однако многолетняя практика использования сливок из сыворотки, главным образом на производство предназначенного для промышленной переработки подсырного масла, в значительной мере снижает интерес к обезжириванию молочной сыворотки.

Специальные обследования [1] по заданию машиностроительного завода «Молния» (г. Москва) показали, что на Северном Кавказе из 857 эксплуатируемых сепараторов (специальных с двухсекционными барабанами и сливоотделителями) для обезжиривания сыворотки используется только 42 или 4,9% от общего числа сепараторов. Подробная информация о сепараторах, использовавшихся на момент обследования для сепарирования (обезжиривания) молочной сыворотки на предприятиях Северного Кавказа приведена в табл. 6.3 [9, 10].

Таблица 6.3. Характеристика сепараторов, используемых для сепарирования сыворотки на молочных заводах Северного Кавказа

Показатель	Ручная выгрузка осадка		Центробежная выгрузка осадка				
	ОСТ-3 (OC2 T-3)	ОСП-3 М	ОХС	ОХ2-С	MSD-200	MRPX-518	ОСН-С (OC2 H-C)
Количество, шт.	15	3	7	7	1	1	8
Доля от общего числа сепараторов, используемых для сепарирования молочной сыворотки, %	35,7	7,1	16,7	16,7	2,4	2,4	19,0

Полученные в результате обследования предприятий данные показывают, что только треть сепараторов, используемых для обезжиривания (выделения жира и казеиновой пыли) имеют специальное назначение. Другие же являются сепараторами-сливоотделителями для молока, причем чаще всего это сепараторы с ручной периодической выгрузкой осадка, использование которых для сепарирования сыворотки достаточно проблематично.

Коагуляция и последующее центробежное выделение сывороточных белков — наиболее простой и достаточно эффективный способ очистки молочной сыворотки от балластных веществ. Именно такой подход на многие годы предопределил отношение к белковым сывороточным концентратам (белковая масса, альбуминное молоко), как к продуктам низкого качества, чаще всего используемым на кормовые цели.

Созданные по аналогии с зарубежными образцами сепараторы ОХС и ОХ2-С не обеспечивают эффективное обезжиривание молочной сыворотки. К тому же, выпуская сепаратор только одной производительности, невозможно удовлетворить потребности молочной отрасли в таком оборудовании [1].

Недостаточная эффективность процессов сепарирования молочной сыворотки предопределила, в свою очередь, проблему широкого (многовариантного) использования сепараторов в технологиях переработки этого белково-углеводного сырья. Так невостребованными, в первую очередь в силу недостаточной научно-технической проработки, остаются процессы сепарирования сгущенных сывороточных концентратов. Однако отечественный и зарубежный опыт подтверждают эффективность центробежного выделения из сыворотки и ее концентратов как молочного жира, так и белковых веществ [1, 11, 12, 13].

Для обезжиривания молочной сыворотки и выделения из нее казеиновой пыли (казеиновых частиц) используют различные варианты: от сепарирования в молочном сепараторе-сливкоотделителе с ручной периодической выгрузкой осадка до применения технологических схем с саморазгружающимися сепараторами. Варианты технологических схем с использованием специальных двухсекционных сепараторов отсутствуют.

Эффективность центробежного выделения сывороточных белков зависит от способа их коагуляции. Однако, большинство разработанных способов являются реагентными и направлены, главным образом, на максимальное удаление сывороточных белков как балластных веществ. С точки зрения получения пригодного для дальнейшего использования концентрата сывороточных белков предпочтение следует отдавать безреагентным способам коагуляции, а особенно, коагуляции после сгущения.

Существующие предложения по сепарированию концентратов молочной сыворотки ориентированы, в первую очередь, на более полное выделение молочного жира. Кроме этого, сепарирование концентратов молочной сыворотки создает возможность получения новых продуктов, отличных от продуктов сепарирования натуральной сыворотки.

Наиболее благоприятные условия для центробежного выделения дисперсных частиц создаются в сепараторах с двухсекционными барабанами. Ограниченность использования двухсекционных сепараторов связана с тем, что конструкция сепараторов далеко не совершенна, сепараторы энергоемки, а, главное, не обеспечивают стабильного обезжиривания продукта до содержания в нем жира менее 0,05 %. Это, в свою очередь, предполагает дальнейшее совершенствование существующих и разработку новых конструкций двухсекционных сепараторов для молочной сыворотки.

В качестве теоретического обоснования центробежного разделения дисперсных систем молочной сыворотки рассмотрено взаимодействие легких (жировых шариков) и тяжелых (белковых) частиц в различных зонах барабана и определено влияние коагуляции частиц на процесс сепарирования. Постановка задачи о характере взаимодействия дисперсных фаз в двухсекционном барабане сепаратора сведена к оценке вероятности шести событий, происходящих последовательно, но чаще всего независимо друг от друга в соответствии со схемой, показанной на рис. 6.2 [1]. Причем, как показали расчеты, практически каждое взаимодействие дисперсных частиц разной плотности применительно к молочной сыворотке и ее концентратам приводит к уносу легкой частицы в осадок.

Вероятностная оценка взаимодействия позволила определить, что на результат сепарирования, прогнозируемый как унос легких дисперсных частиц (жировых шариков) с тяжелыми (белковыми частицами) при их столкновении и коагуляции оказывают влияние, главным образом, два события: попадание белковых частиц в межтарелочные пространства осветлительного пакета и столкновение белковых частиц и жировых шариков в межтарелочных пространствах осветлительного пакета при встречном движении.

Проведенный анализ влияния взаимодействия дисперсных фаз на процесс сепарирования в двухсекционном барабане позволил не только качественно и количественно оценить характер взаимодействия дисперсных фаз разной плотности, но и наметить пути (конструктивные и технологические) создания условий минимизации этого взаимодействия. В частности можно снижать предельный размер белковых частиц, достигающих межтарелочных пространств осветлительного пакета за счет увеличения высоты последнего.

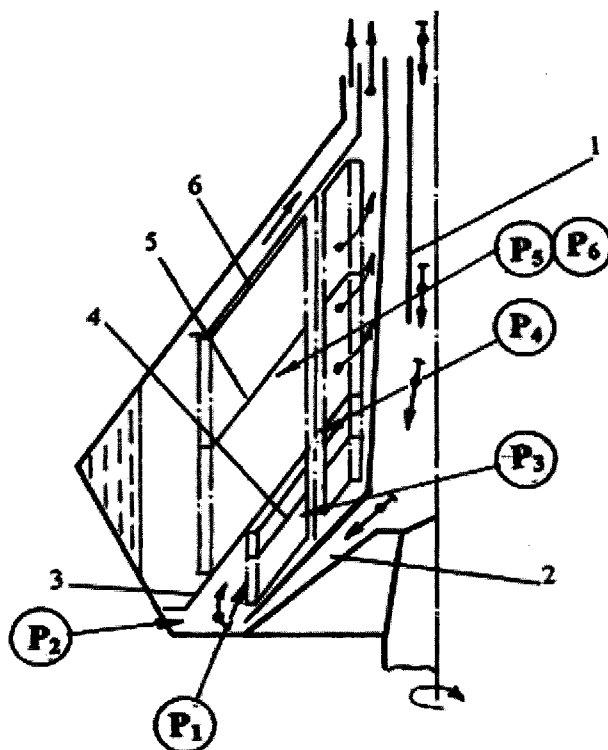


Рис. 6.2. Схема барабана двухсекционного сепаратора для сыворотки:
 1 — центральная трубка; 2 — каналы тарелкодержателя; 3 — межсекционная разделительная тарелка; 4 — осветлительный пакет; 5 — разделительный пакет; 6 — разделительная тарелка;
 — исходная сыворотка; — сливки из сыворотки;
 — очищенная сыворотка; P_1, \dots, P_6 — зоны взаимодействия частиц

Поскольку полностью избежать столкновения частиц невозможно, необходимо создавать в осветлительном пакете условия, при которых оседание белковых частиц размером 30 мкм и более на поверхность тарелок, а, следовательно, их переход в зону свободную от столкновения с легкими частицами происходил бы уже на начальной стадии движения потока в межтарелочных пространствах. Это, в свою очередь, связано с обеспечением необходимых конструктивных и технологических условий оседания на поверхность тарелок осветлительного пакета тяжелых дисперсных частиц [1].

Кроме того, немаловажное значение для снижения взаимодействия имеет такой фактор как обеспечение свободного прохода сепарируемой жидкости в межтарелочном зазоре осветлительного пакета. Результаты оценки взаимодействия дисперсных частиц использованы для определения путей совершенствования существующих и при разработке конструкций новых сепараторов с двухсекционными барабанами [14, 15].

6.4. Эффективность процесса выделения казеиновой пыли и молочного жира из молочной сыворотки и ее концентратов в двухсекционном барабане сепаратора

Исследования по влиянию температуры и жирности исходной молочной сыворотки на содержание жира в продуктах сепарирования можно характеризовать следующей зависимостью [1]:

$$Ж_{oc} = 0,16 - 5,37 \cdot 10^{-3} t - 87,02 Ж + 59,03 \cdot 10^{-6} t^2 + 0,28 Ж^2 - 1,26 \cdot 10^{-3} Ж t. \quad (6.7)$$

Полученная зависимость представлена графически на рис. 6.3.

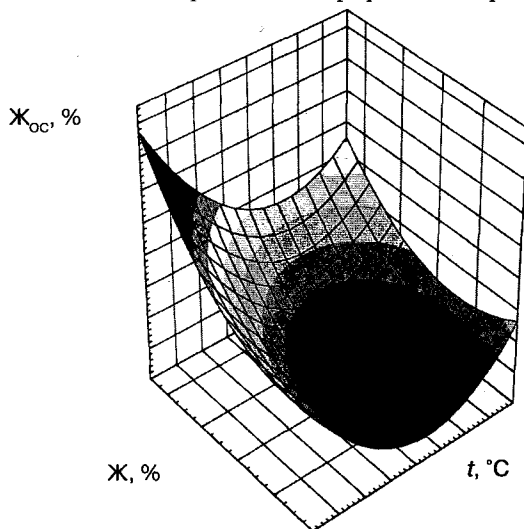


Рис. 6.3. Зависимость содержания жира в просепарированной сыворотке ($Ж_{oc}$) от жирности ($Ж$) и температуры (t) исходного продукта

Определены оптимальные параметры исследуемых факторов и их взаимосвязь. Так для натуральной сыворотки жирностью 0,2% температура сепарирования может не превышать 30 °С, тогда как при жирности 0,6% и более она должна быть не менее 50 °С [1].

Экспериментально определено распределение жировых шариков в межтарелочных пространствах разделительной секции двухсекционного барабана сепаратора — экспериментальной установки в процессе сепарирования натуральной подсырной сыворотки, а также выявлено влияние физико-химических и эксплуатационных факторов на обезжиривание сыворотки. Отбор проб продукта из различных точек межтарелочных пространств вращающегося барабана сепаратора и их дисперсный анализ позволил спрогнозировать картину движения легких дисперсных частиц в зазоре между тарелками. Полученный результат подтверждает прохождение части необезжиренной сыворотки из осветлительной секции в разделительную в зазоре между внутренней поверхностью шламового пространства и отбортовкой межсекционной разделительной тарелки, что сказывается на результатах обезжиривания. Экспериментально доказано, что перекрытие указанного зазора заметно улучшает качество обезжиривания [1].

На основе разработанных математических моделей спрогнозирована влажность осадка, выгружаемого из барабанов отечественных сепараторов, в зависимости от времени его накопления [16]. Установлено влияние на влажность выгружаемого осадка геометрических параметров шламового пространства и выявлена необходимость использования в конструкциях двухсекционных сепараторов двухэтапной выгрузки осадка.

В целом применение специальных сепараторов позволяет полностью автоматизировать непрерывный процесс отделения казеиновой пыли и молочного жира, с получением осветленной молочной сыворотки жирностью на уровне 0,01 %.

6.5. Закономерности выделения белкового осадка из шламового пространства барабана сепаратора

Процесс движения и накопления белкового осадка в двухсекционном барабане саморазгружающегося сепаратора может быть представлен в виде схемы, показанной на рис. 6.4.

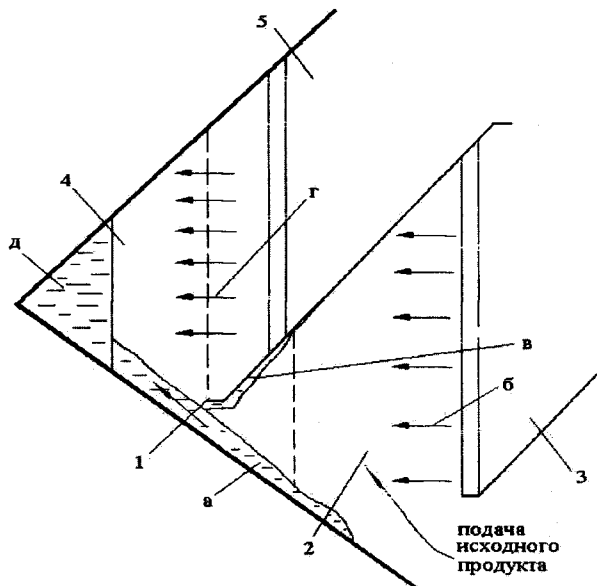


Рис. 6.4.

Схема шламового пространства, накопления и движения осадка в двухсекционном барабане сепаратора: 1 — межсекционная разделительная тарелка; 2 — шламовое пространство осветлительного пакета; 3 — осветлительный пакет; 4 — шламовое пространство разделительного пакета; 5 — разделительный пакет; а — слой осадка, образующийся из дисперсных частиц, выделяющихся непосредственно в шламовом пространстве осветлительного пакета; б — поток частиц, выделяющихся в межтарелочных пространствах осветлительного пакета; в — слой осадка из частиц, оседающих на поверхности межсекционной разделительной тарелки; г — поток частиц, выделяющихся в межтарелочных пространствах разделительного пакета; д — осадок, заполняющий периферийную часть шламового пространства

В результате математического моделирования определена зависимость между временем накопления осадка и радиусом его расположения в шламовых пространствах осветлительного и разделительного пакетов.

Свойства казеинового и альбуминного осадков определены экспериментально. Зависимость влажности W белкового осадка, образующегося при сепарировании сыворотки и ее концентратов от уплотняющего давления ($P_{\text{упл}}$) может быть описана уравнением вида:

$$W = a_2 P_{\text{упл}}^{b_2}, \quad (6.8)$$

коэффициенты которого приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Значения коэффициентов уравнения (6.8)

Вид осадка	Значение коэффициентов	
	a_2	b_2
Казеиновый из подсырной сыворотки	61,206	-0,101
Казеиновый из творожной сыворотки	60,633	-0,089
Альбуминовый из сгущенной подсырной сыворотки	78,283	-0,011
Альбуминовый из творожной сыворотки	86,282	-0,010

В результате экспериментальных исследований определена зависимость коэффициента эффективной вязкости осадка от скорости (градиента скорости) деформации в соответствии с моделью течения Освальда де Вейля [4]:

$$\eta_s = \eta_0 D_r^{n-1} \quad (6.9)$$

где η_0 — вязкость при скорости деформации равной единице, мПа·с; D_r — скорость деформации, с⁻¹;

Значения коэффициентов этого уравнения приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Значения коэффициентов уравнения Освальда де Вейля для осадка из сыворотки и ее концентратов

Вид осадка	Значение коэффициентов	
	η_0	N
Казеиновый из подсырной сыворотки	128,62	0,49
Казеиновый из творожной сыворотки	103,61	0,50
Альбуминовый из сгущенной подсырной сыворотки	113,95	0,61
Альбуминовый из творожной сыворотки	119,01	0,57

Полученные данные показывают, что белковый осадок из молочной сыворотки и ее концентратов относится к псевдопластичным жидкостям с выраженным неньютоновским характером течения ($n < 1$). Причем степень неньютоновского поведения значительно отличается от аналогичного показателя сгущенной сыворотки и несколько больше для казеиновых осадков, чем для альбуминовых.

Выявлены две стадии процесса накопления осадка с различной динамикой: до заполнения осадком зазора между внутренней поверхностью шламового пространства и отбортовкой межсекционной разделительной тарелки (рис. 6.5, а) и после его заполнения (рис. 6.5, б). Причем характер процесса обезжиривания на этих стадиях различен. На первой стадии часть необезжиренного продукта проходит по периферии барабана в шламовое пространство разделительного пакета и, смешиваясь с потоком обезжиренного, выводится из барабана, ухудшая тем самым, качество сепарирования.

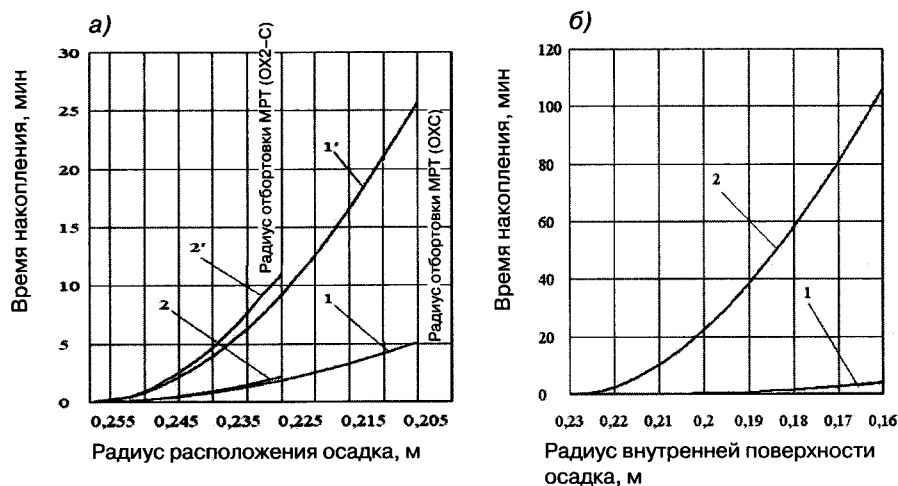


Рис. 6.5. Зависимость между временем накопления и радиусом расположения осадка в шламовом пространстве: а — разделительного пакета (1-я стадия); б — осветлительного пакета (2-я стадия); 1 и 1' — сепаратор ОХС; 2 и 2' — сепаратор ОХ2-С; 1 и 1' — $\Delta C = 1\%$; 2 и 2' — $\Delta C = 0,2\%$; МРТ — межсекционная разделительная тарелка

С наступлением второго периода накопления осадка качество обезжиривания приходит в соответствие с разделяющей способностью сепаратора. Создание условий, предотвращающих проход необезжиренного продукта по периферии барабана — важное условие совершенствования конструкций существующих и создания новых высокоэффективных сепараторов с двухсекционными барабанами.

Проведено экспериментальное моделирование поведения осадка на конической поверхности шламового пространства, на основании которого определен предельный угол наклона конических поверхностей барабана (шламового пространства, тарелок и др.) к горизонту (75°). Этот результат также необходимо учитывать при конструировании двухсекционных барабанов сепараторов для молочной сыворотки и ее концентратов [9, 17, 18].

Применение специально адаптированных к процессу саморазгружающихся сепараторов для выделения скоагулировавшихся белков является инновационным прорывом для технологии первичной обработки молочной сыворотки, особенно в производстве молочного сахара (лактозы), а так же для микропартикуляции с целью получения микрогранулятов.

6.6. Зарубежные схемы сепарирования молочной сыворотки

Фирма «Вестфалия» (в настоящее время входит в концерн *GEA*) предлагает альтернативные варианты сепарирования молочной сыворотки [19]. На рис. 6.6 показана эффективность сепарирования молочной сыворотки.



Рис. 6.6. График процесса получения подсырных сливок

Процесс обеспечивает практически полное извлечение казеиновой пыли в виде белковой массы с влажностью на уровне 20 % и беспрецедентное выделение молочного жира — менее 0,1 %. С учетом полной автоматизации при непрерывной работе с безразборной мойкой, можно считать данный уровень аппаратного оформления идеалом для обеспечения оптимальных технологических параметров.

6.7. Резюме по главе 6

Традиционное сепарирование молочной сыворотки пока остается типовой операцией, особенно при производстве натуральных сыров. Развитие сепараторостроения дает в распоряжение технологов совершенно оригинальные машины двойного назначения — осветлители и разделители. В комплексе с современными саморазгружающимися сепараторами для отделения денатурированных сывороточных белков, как первая стадия микропартикуляции, процесс может быть базой для создания поточных линий. К сожалению, проведенные Г.Е. Ереминым [20] в свое время фундаментальные исследования по данной тематике не были завершены созданием поточно-механизированной линии первичной обработки молочной сыворотки, аналогичной зарубежной «Центри-Вей».

Актуальной проблемой, особенно в условиях кризисных явлений, является извлечение из несепарированной молочной сыворотки липидов (молочного жира), казеиновой пыли и сывороточных белков (продукт с брендом «ЛипКА») в комплексе — получение пищевого продукта (ресурсосбережение) и снижение затрат (энергоэкономию). Кажется, имеет перспективу сепарирование концентратов молочной сыворотки. Проблематичным является выделение немолочного жира и сепарирование сыворотки из восстановленного молока. Безусловной альтернативой сепарированию видится микрофильтрация на уровне кластеров нанотехнологии БТС молочной сыворотки.

6.8. Литература к главе 6

1. Чеботарев, Е. А. Научно-технические основы совершенствования процессов и технологии центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки и её концентратов в двухсекционных барабанах сепараторов [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.12, 05.18.04/Чеботарев Евгений Алексеевич. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 441 с.
2. Чеботарев, Е. А. Молочная сыворотка как гетерогенная система [Текст]/Е. А. Чеботарев, С. А. Санжаровский//Сборник научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие: Молочная промышленность». — 1999. — Вып. 2. — С. 62–68.
3. Чеботарев, Е. А. Дестабилизация сгущенных сывороточных концентратов и пути её предотвращения [Текст]/Е. А. Чеботарев, С. В. Василисин, П. Г. Нестеренко, Н. Г. Чеботарева//Сборник научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие: Молочная промышленность». — 2000. — Вып. 3. — С. 21–22.
4. Чеботарев, Е. А. Вязкость молочной сыворотки и продуктов из нее [Текст]/Е. А. Чеботарев, Нестеренко П. Г., Давыдянц Л. Е. и др.//Молочная промышленность. — 1983. — № 2. — С. 26–27.
5. Чеботарев, Е. А. Влияние величины оболочки жирового шарика на разделяемость системы жир-плазма в подсырной сыворотке [Текст]/Е. А. Чеботарев//Известия ВУЗов: Пищевая технология. — 1997. — № 1. — С. 48.
6. Чеботарев, Е. А. Сепарирование подсырной сыворотки: Обзорная информация [Текст]/Е. А. Чеботарев, А. Г. Храмов, О. П. Новиков. — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1980. — 22 с.
7. Чеботарев, Е. А. Оборудование для разделения жидких неоднородных систем в молочной промышленности: Учебное пособие [Текст]/Е. А. Чеботарев. — Ставрополь: СтПИ, 1991. — 60 с.
8. Чеботарев, Е. А. Сепарирование молочной сыворотки: Обзорная информация [Текст]/Е. А. Чеботарев. — М.: АгроНИИТЭИПП, серия «Молочная промышленность», вып. 2, 1995. — 33 с.
9. Чеботарев, Е. А. Отечественные сепараторы [Текст]/Е. А. Чеботарев, А. Т. Борисов//Отраслевые ведомости: Переработка молока — технология, оборудование, продукция. — 2001. — № 1. — С. 6–7.
10. Чеботарев, Е. А. Монтаж, эксплуатация и ремонт сепараторов [Текст]/Е. А. Чеботарев, А. Т. Борисов//Отраслевые ведомости: Переработка молока — технология, оборудование, продукция. — 2001. — № 2. — С. 11.
11. Молочников, В. В. Продукты и полуфабрикаты из молочной сыворотки для пищевой промышленности: Обзорная информация [Текст]/В. В. Молочников, П. Г. Нестеренко, Е. А. Чеботарев. — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1983. — 28 с.
12. Храмов, А. Г. Полное и рациональное использование молочной сыворотки на принципах безотходной технологии [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин, А. И. Жаринов и др. — Ставрополь: ИРО, 1997. — 120 с.
13. Храмов, А. Г. Производство сгущенных концентратов молочной сыворотки: Учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко, Е. А. Чеботарев. — Ставрополь: ИРО, 1998. — 80 с.
14. Заявка 2000110726 (РФ), МПК В 04 В 1/08. Саморазгружающийся сепаратор для жидкости/Чеботарев Е. А. (РФ). — Заявлено 25.04.2000.
15. Заявка 2000111661 (РФ), МПК В 04 В 1/08. Двухсекционный саморазгружающийся сепаратор для жидкости/Чеботарев Е. А. (РФ). — Заявлено 10.05.2000.
16. Чеботарев, Е. А. Накопление осадка при сепарировании подсырной сыворотки [Текст]/Е. А. Чеботарев, И. А. Евдокимов//Сыроделие. — 1998. — № 1–2. — С. 40.
17. Чеботарев, Е. А. Аппараты для разделения жидких неоднородных систем в молочной промышленности: Учебное пособие [Текст]/Е. А. Чеботарев, В. Я. Матвиевский, А. Л. Скок. — Саратов: СЗВИ, 1994. — 68 с.
18. Чеботарев, Е. А. О возможности создания многофункционального сепаратора для предприятий молочной промышленности [Текст]/Е. А. Чеботарев, С. А. Санжаровский//Экспресс — информация: Молочная промышленность. — М.: АгроНИИТЭИПП, 1995, вып. 5–6. — С. 8–11.
19. Храмов, А. Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 5. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки/А. Г. Храмов, С. В. Василисин — СПб.: ГИОРД, 2004. — 576 с.
20. Еремин Г. Е. Исследование процессов получения белковой массы из подсырной сыворотки для пищевых целей [Текст] дисс. ... канд. техн. наук 05.18.04/Еремин Геннадий Ефимович. — Вологда: Вологодский молочный институт, 1973. — 172 с.

Глава 7

Молекулярно-ситовая фльтрация молочной сыворотки

7.1. Общие положения

Прежде всего, хотелось бы подчеркнуть, что первая монография по тематике настоящей главы была инициирована академиком Н.Н. Липатовым, который вместе с выдающимися соратниками — Е.А. Фетисовым и В.А. Марьиным систематизировали имеющуюся на тот период информационный файл и представили его в наше распоряжение в виде эксклюзивного книжного издания [1]. Первые экспериментальные наблюдения по фильтрации подсырной сыворотки через ацетатцеллюлозную прокладку — «мембрану» (промокашку), которые провел во ВНИИМС аспирант ВНИИ сахарной промышленности Н. И. Белов с нашим участием, были поставлены по рекомендации директора ВНИИМ Н.Н. Липатова и затем опубликованы в отраслевом журнале [2].

В соответствии с нашим видением, молекулярно-ситовая фильтрация, как способ направленного воздействия на молочную сыворотку с целью элюирования ее отдельных компонентов в нативном состоянии, исходя из классического подхода [1, 3, 4, 5, 6], включает мембранную и электромембранную технологии, ионный обмен, гельфильтрацию, сорбцию и десорбцию. В настоящее время, в том числе для обработки молочной сыворотки, например, с целью гидролиза лактозы или синтеза лактулозы, используют также мембранные и ионообменные установки. Данные процессы рассматриваются в других главах настоящей монографии. В принципе, в этом нет противоречия, присутствует элемент развития, который логически приведет к изменению трактовок и терминологии.

В свою очередь мембранная обработка включает микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос; электромембранная обработка ассоциируется с элект-

родиализом. Схематичное изображение молекулярно-ситовой фильтрации применительно к мембранным методам, можно представить в виде логической схемы (рис. 7.1) из специальной монографии проф. И. А. Евдокимова, канд. техн. наук Н. Я. Дыкало и А. В. Пермякова [7], посвященной полностью элетродиализу молочной сыворотки, что само по себе уже феноменально.

Имеется множество наглядных представлений мембранных процессов — на основе размеров частиц и пор, типа процесса и других факторов [8]. Ниже, для примера приведены иллюстрации применительно к молочной сыворотке (рис. 7.2, 7.3).

Следует обратить внимание, что обработка молочной сыворотки мембранными способами (заимствованными из атомной энергетики и медицины), особенно в последнее время, «лавинообразно» используется в молочном деле многих стран, что можно подтвердить докладами на международных конференциях по молочной сыворотке [9, 10, 11, 12, 13], тематическими мероприятиям [8, 14, 15, 16, 17, 18, 19] и регулярными публикациями в ведущих отраслевых журналах «Молочная промышленность» и «Переработка молока» [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]. По всей видимости, у отрасли нет альтернативы и проблема заключается в поиске путей рационального (экономически выгодного) использования получаемых в результате молекулярно-ситового разделения компонентов молочной сыворотки продуктов. Безусловно, при постоянном совершенствовании мембран и установок с учетом специфики обрабатываемого биообъекта — молочной сыворотки.



Рис. 7.1. Классификационная схема мембранных процессов

Анализируя имеющуюся в нашем распоряжении информацию в области молекулярно-ситового разделения молочной сыворотки, в данной монографии, с учетом акцентов и возможностей объема главы, целесообразно рассмотреть ультрафильтрацию и элетродиализ, как наиболее востребованные отраслью. Микрофильтрация, обратный осмос, нанофильтрация требуют расширения исследований и ждут аппаратного оформления. Ионный обмен и сорбция–десорбция нуждаются в научной проработке и экономическом обосновании. Гель-фильтрация пока остается на стадии получения препаратов.

Часть процессов — деминерализация соленой сыворотки при производстве молочного сахара [29] и бесказеиновой фазы в технологии КСП [30], микрофильтрация для бактериальной санации [31], обработка углеводно-минеральных концентратов [32], синтез лактулозы [33] рассматриваются совместно с процессами в других разделах и главах настоящей монографии, как частное приложение к конкретным отечественным и зарубежным технологиям.

Системное рассмотрение в нашем творческом коллективе микрофильтрации [34] в свое время показало ее эффективность, кроме целевого назначения (извлечение казеиновой пыли, молочного жира и денатурированных сывороточных белков), для высокотехнологичной обработки молочного сырья — бактериальной санации, снижения аллергенности и элюирования тяжелых металлов, применительно к широкому ассортименту продуктов питания

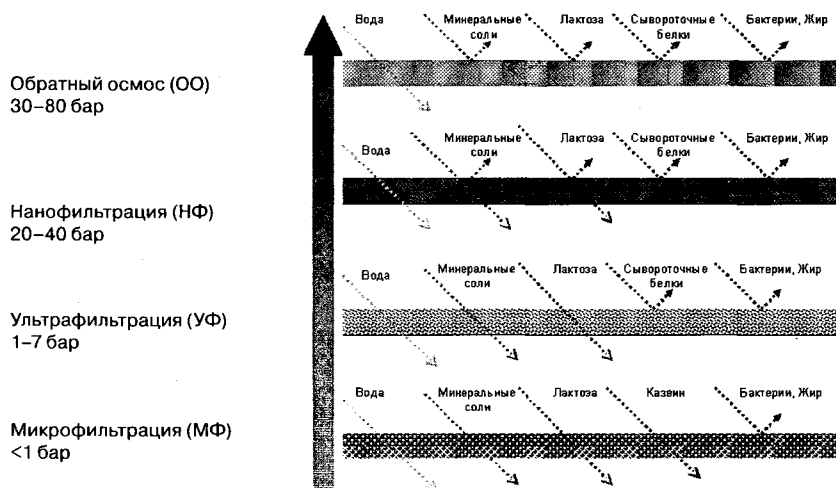


Рис. 7.2. Классификационная схема мембранных процессов фракционирования (разделения) молочной сыворотки на основе размера пор мембран и выделяемых частиц

и напитков. Новизна и приоритет исследований были зарегистрированы в шести патентах. К сожалению, результаты исследований не были востребованы в отрасли, в основном из-за отсутствия аппаратного оформления. Теперь они возвращаются в нашу страну в «зарубежном сарафане», например, применительно к получению питьевого молока.

То же положение, с учетом широкомасштабных исследований школы проф. К. К. Полянского в ВГТА [35], по обратному осмосу. Был смонтирован рабочий модуль для экспериментов и обучения. К сожалению, «новации» времени «стерли» этот инновационный прорыв высоких технологий (кстати, вместе с первопроходцем). Приоритеты ионного обмена, заложенные в свое время во ВНИИМС [36] для технологии молочного сахара и УкрНИИмясомолпрома по ионитному молоку [37], развитые в НИИКИМ под руководством П. Г. Нестеренко в тесном содружестве с профессионалами по ионитам [38], ждут своего продолжения.

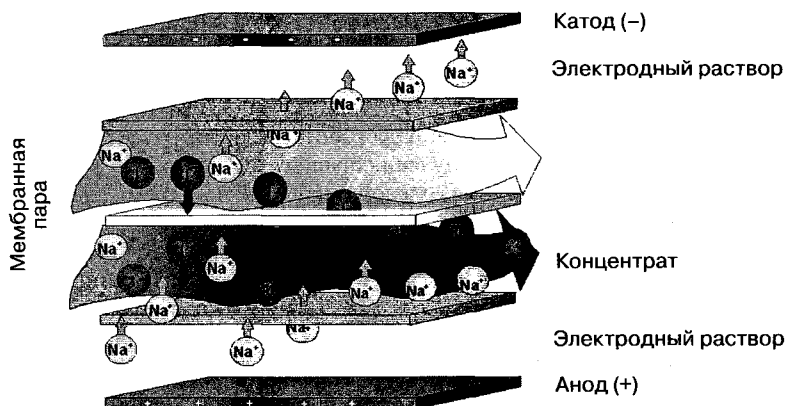


Рис. 7.3. Принципиальная схема процесса электродиализа



Издательство **ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

журналы,
книги,
буклеты
по всем отраслям
пищевой промышленности



Ежемесячно



6 раз в год:



- Пиво и напитки: безалкогольные и алкогольные, соки, вино
- Хлебопечение России
- Виноделие и виноградарство
- Кондитерское производство
- Масложировая промышленность

• Пищевая
промышленность

• Хранение и
переработка
сельхозсырья

4 раза в год:



• Производство спирта
и ликероводочных
изделий



• Продукты
длительного
хранения

• Пищевые
ингредиенты:
сырье и добавки

2 раза в год:



• Мир
агробизнеса



107996, Россия, Москва,
Садовая-Спасская, 18.

Телефоны:

+7 (495) 607-17-70,
+7 (495) 607-23-86,
+7 (495) 975-40-04.

Факс:

+7 (495) 607-28-61,
+7 (495) 607-89-52.

E-mail:

foodprom@ropnet.ru

Home page:

www.foodprom.ru

Рекламный отдел:

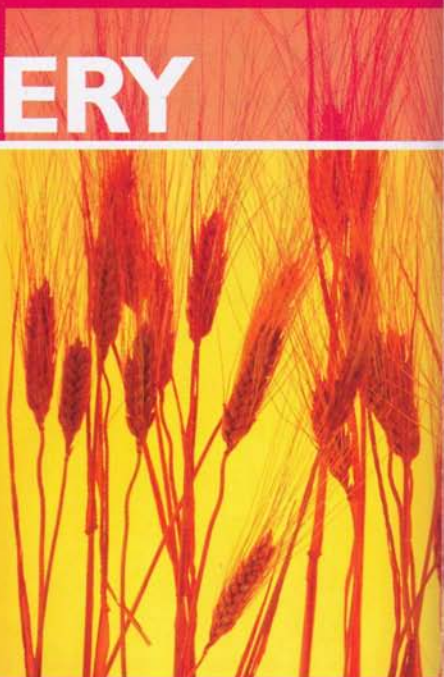
+7 (495) 607-20-87.

MODERN BAKERY MOSCOW

«СОВРЕМЕННОЕ ХЛЕБОПЕЧЕНИЕ»

17-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО И КОНДИТЕРСКОГО РЫНКА

10–13 ОКТЯБРЯ 2011 г.



При содействии:

- Министерства сельского хозяйства РФ
- Ассоциации отраслевых союзов АПК АССАГРО
- Российского Союза Пекарей
- Российского союза мукомольных и крупяных предприятий
- Союза производителей пищевых ингредиентов
- Гос НИИ Хлебопекарной промышленности
- Россельхозакадемии
- Международной Промышленной Академии
- Института питания РАМН РФ
- ГИИИ Кондитерской промышленности РАСХН РФ

Информационные партнёры:

f2m

ПИЩЕВАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

мукомольно-крупянная сфера

АЛКОГОЛЬНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ПАРТНЕР

ХЛЕБОПЕКАРНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО

ПРОДУКТЫ
ХЛЕБОПЕКАРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

АЛКОГОЛЬНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ИНГРЕДИЕНТЫ

ИТО

АССОЦИАЦИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

СОВЕТ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ПРОДУКТЫ
ХЛЕБОПЕКАРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДЕСТАНАТОРЫ

ИТО

ХЛЕБОПЕКАРНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО

АЛКОГОЛЬНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ИТО

ИТО

Организатор:



ООО «ОВК-РУС»

Тел: (+7) 495 967 04 61

Факс: (+7) 495 967 04 62

Email: mb@owc-rus.ru

Место проведения:

✱ ЭКСПОЦЕНТР

Россия, Москва

ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне
Павильоны № 3, 4 и 7

www.modernbakery-moscow.ru



ПЕРЕРАБОТКА МОЛОКА

СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ

Руководителей, инженеров, технологов
молочной промышленности в России и
странах СНГ

АВТОРЫ ПУБЛИКУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

- ➔ Ведущие отечественные и зарубежные специалисты – технологи по производству молочной продукции
- ➔ Специалисты предприятий, успешно применяющих современное оборудование
- ➔ Научные сотрудники профильных институтов, исследующих проблемы технологий и применения новейшего оборудования

РУБРИКИ ЖУРНАЛА

- ➔ Современные технологии производства и оборудование
- ➔ Сырьё, ингредиенты
- ➔ Методы анализа
- ➔ Стандарты
- ➔ Упаковка
- ➔ Выставки и семинары
- ➔ Ответ специалиста

**ОТРАСЛЕВЫЕ
ВЕДОМОСТИ**

Издания для профессионалов

РЕКЛАМА

Тел.: (499) 267-40-10, 267-40-15

ПОДПИСКА

РЕДАКЦИОННАЯ

Подписаться на ежемесячный журнал

Вы можете по телефонам:

(495) 514-21-06, (499) 267-40-10

на сайте: www.milkbranch.ru

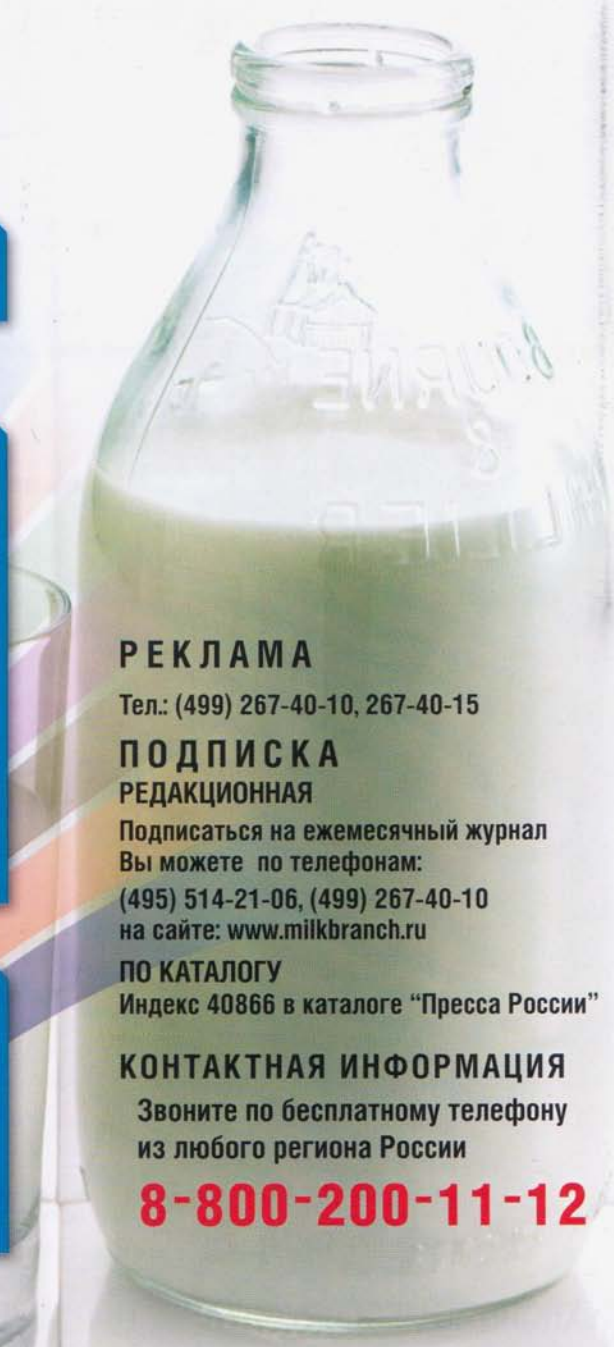
ПО КАТАЛОГУ

Индекс 40866 в каталоге "Пресса России"

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Звоните по бесплатному телефону
из любого региона России

8-800-200-11-12



ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ МЕГА



ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

MEGA
ПРОФИЛАЙН

ООО «МЕГА ПрофиЛайн»
Россия, 355008, г. Ставрополь
ул. Маршала Жукова, 9

тел./факс +7 (8652) 23-35-13
e-mail: info@mpline.ru
www.mpline.ru

7.2. Баромембранное разделение несепарированной подсырной сыворотки ультрафильтрацией

С. П. Бабенышевым [39] под руководством проф. И. А. Евдокимова проведены широкомасштабные исследования ультрафильтрации жидких высокомолекулярных полидисперсных систем (сокращенно по автору ЖВПС) — специфических медицинских сывороток и несепарированной подсырной сыворотки, которая является предметом описания ниже.

Исходя из тщательного изучения состояния проблемы по рациональной обработке ЖВПС, как потенциального источника загрязнения сточных вод (рис. 7.4) и теоретических предположений, сформулирована концепция, в том числе с использованием методологии искусственного интеллекта (нейронные сети).



Рис. 7.4. Основные параметры сточных вод молочных заводов

Предложен механизм ее решения с применением баромембранных процессов, схема которых, по мнению авторов, приведена на рис. 7.5.

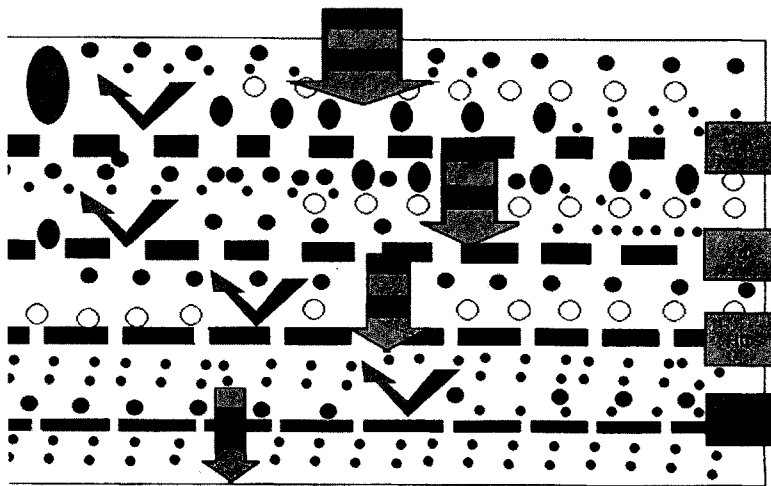


Рис. 7.5. Ситовая модель процесса баромембранного разделения молочного сырья

На данной методологической основе были проведены экспериментальные исследования процесса баромембранного разделения несепарированной молочной (подсырной) сыворотки (НМС) без удаления казеиновой пыли, что является в данном случае принципиально важным, содержит элементы «ноу-хау» и патентоспособно.

При этом была принята гипотеза о возможности интенсификации процесса баромембранного разделения молочной сыворотки путем одновременного:

- модифицирования мембранной поверхности одним из компонентов разделяемой системы;
- турбулизации потока разделяемой системы другим ее компонентом, представляющем собой относительно твердые частицы дисперсной фазы, перемещающиеся к центральной оси мембранного канала.

Основными факторами, влияющими на кинетические характеристики процесса, являются [39, 40, 41]:

- рабочее давление в канале баромембранного аппарата, ΔP (МПа);
- скорость циркуляции разделяемой системы, V (м/с);
- температура разделяемой системы, t ($^{\circ}\text{C}$);
- содержание частиц дисперсной фазы в разделяемой системе, C (%);
- длительность процесса, τ (ч).

При ультрафильтрации молочной сыворотки интервалы варьирования основных факторов должны быть следующими: $\Delta P = 0,25\text{--}0,45$ МПа, $V = 2\text{--}5$ м/с, $C = 5\text{--}18\%$. Известно [42], что при повышении температуры белковых растворов, их вязкость уменьшается, что, как правило, способствует увеличению проницаемости мембран при их ультрафильтрации [40, 43]. Однако повышение температуры растворов связано со значительными энергозатратами, которые могут быть в определенной степени компенсированы увеличением проницаемости мембран. Как показал анализ результатов специальных исследований [44, 45], верхний предел этого фактора следует ограничить параметром $t = 50\text{--}52$ $^{\circ}\text{C}$. При этом нативные свойства выделяемой в процессе ультрафильтрации дисперсной фазы могут быть практически полностью сохранены. Дальнейшее увеличение температуры приведет к росту проницаемости мембран. Однако это будет сопровождаться необратимыми изменениями физико-химических характеристик молочной сыворотки.

Кроме того, необходимо учитывать, что при достаточной длительности процесса ультрафильтрации возникает опасность роста бактериальной обсемененности разделяемой системы. При периодической схеме проведения процесса ультрафильтрации весь объем молочной сыворотки находится в циркуляционной системе баромембранной установки до тех пор, пока не будет достигнут необходимый показатель фактора разделения. Очевидно, что в этом случае параметр τ ограничивается на основе анализа результатов биохимических исследований продуктов разделения молочной сыворотки. Для определения предельных значений τ в процессе ультрафильтрации этот фактор следует ограничить только уменьшением значения проницаемости мембран и соответствующим ростом их селективности.

Результаты экспериментального исследования зависимости проницаемости Q и селективности Ψ мембран от длительности τ процесса ультрафильтрации НМС представлены на рис. 7.6 [39].

Исследования процесса баромембранного разделения молочной сыворотки проводились с использованием мембран УПМ-П (НПО «Полимерсинтез»), характеризующихся высокой селективностью (до $96 = 98\%$) при ультрафильтрации подсырной сыворотки.

Для определения степени совместного влияния молочного жира и частиц казеиновой пыли на проницаемость и селективность мембран была проведена серия сравнительных экспериментальных исследований. Результаты проведенных исследований дают основания полагать, что молочный жир сыворотки может оказывать модифицирующее действие на мембранную поверхность, а частицы казеиновой пыли будут турбулизировать поток в примембранной зоне. Опыт эксплуатации промышленных ультрафильтрационных установок при разделении

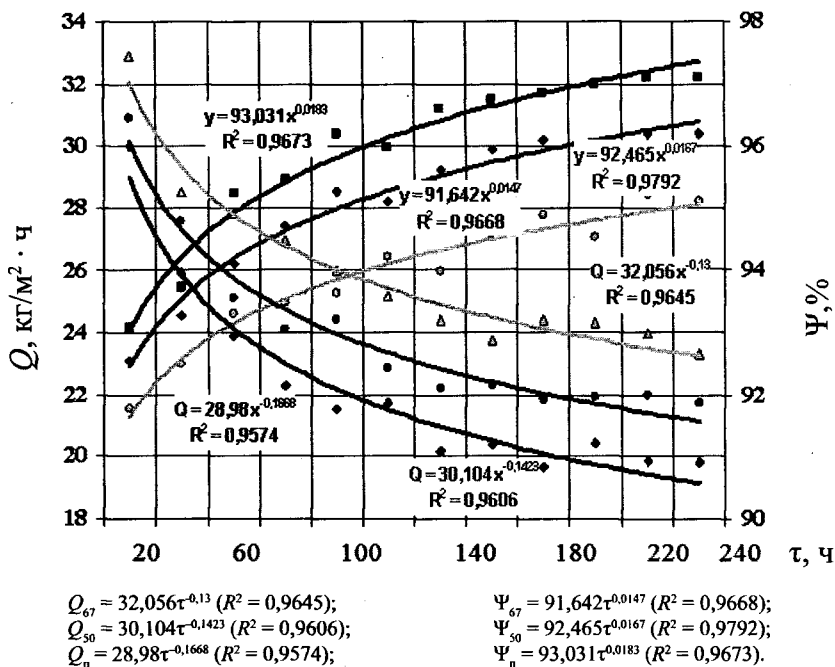
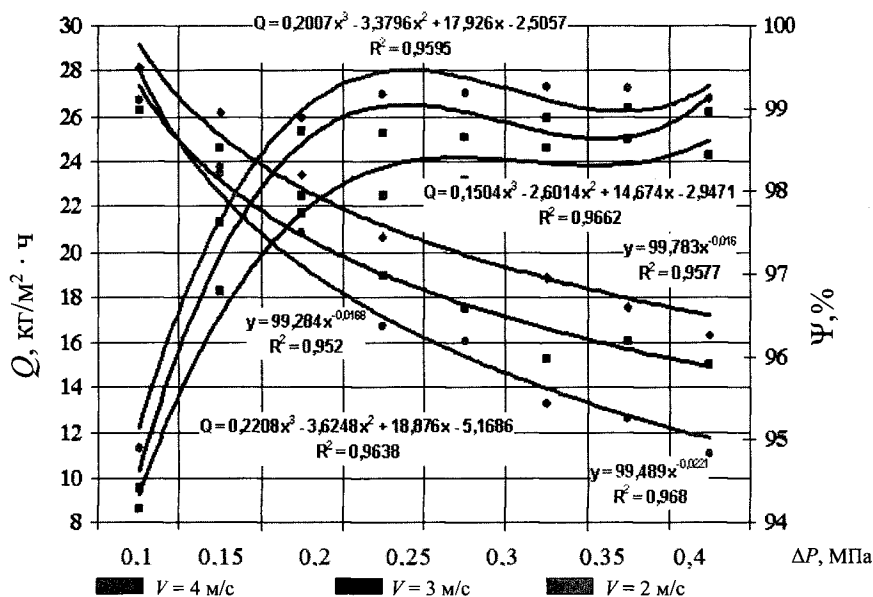


Рис. 7.6. Зависимость проницаемости Q и селективности Ψ полиамидных мембран от продолжительности τ процесса баромембранного разделения НМС

подсырной сыворотки [46] показывает, что для интенсификации процесса ее баромембранного разделения в первую очередь необходимо определить оптимальные значения параметров ΔP и V путем установления зависимостей вида $Q = f_1(\Delta P)$, и $\Psi = f_2(V)$ для выбранного типа мембран при фиксированных остальных параметрах. Графические зависимости проницаемости и селективности мембраны УПМ-П от величины рабочего давления, построенные по данным экспериментальных исследований [39] представлены на рис. 7.7.

Установлено [39], что при постоянных значениях t , C и V проницаемость Q и селективность Ψ существенно увеличиваются с возрастанием давления ΔP до 0,35–0,38 МПа. Дальнейшее повышение этого параметра практически не приводит к изменению Q и Ψ мембраны. Следует отметить, что при постоянных значениях давления и скорости циркуляции увеличение температуры разделяемого раствора на 10 °С сопровождалось возрастанием проницаемости в среднем на 4–5% во всем диапазоне варьирования давления ΔP . Соответствующее увеличение селективности составило в среднем 2–3%.

При сравнительном анализе графических зависимостей проницаемости от величин рабочего давления, полученных при ультрафильтрации НМС, установлено [39], что наибольшее различие по проницаемости мембран наблюдается в диапазоне давлений $\Delta P = 0,3$ –0,35 МПа. При этом селективность мембран по белку составляет 93–96%, а увеличение давления не сопровождается дальнейшим значительным ростом проницаемости Q . Значит при ультрафильтрации НМС оптимальным значением рабочего давления разделяемой системы следует считать диапазон $\Delta P = 0,3$ –0,4 МПа.



$$Q_{(4)} = 0,2(\Delta P)^3 - 3,4(\Delta P)^2 + 18(\Delta P) - 2,5 \quad (R^2 = 0,9595);$$

$$Q_{(3)} = 0,22(\Delta P)^3 - 3,6(\Delta P)^2 + 19(\Delta P) - 5 \quad (R^2 = 0,9638);$$

$$Q_{(2)} = 0,15(\Delta P)^3 - 2,6(\Delta P)^2 + 14,7(\Delta P) - 2,9 \quad (R^2 = 0,9774);$$

$$\Psi_{(4)} = 99,489(\Delta P)^{-0,0221} \quad (R^2 = 0,968);$$

$$\Psi_{(3)} = 99,284(\Delta P)^{-0,0168} \quad (R^2 = 0,952);$$

$$\Psi_{(2)} = 99,783(\Delta P)^{-0,016} \quad (R^2 = 0,9577).$$

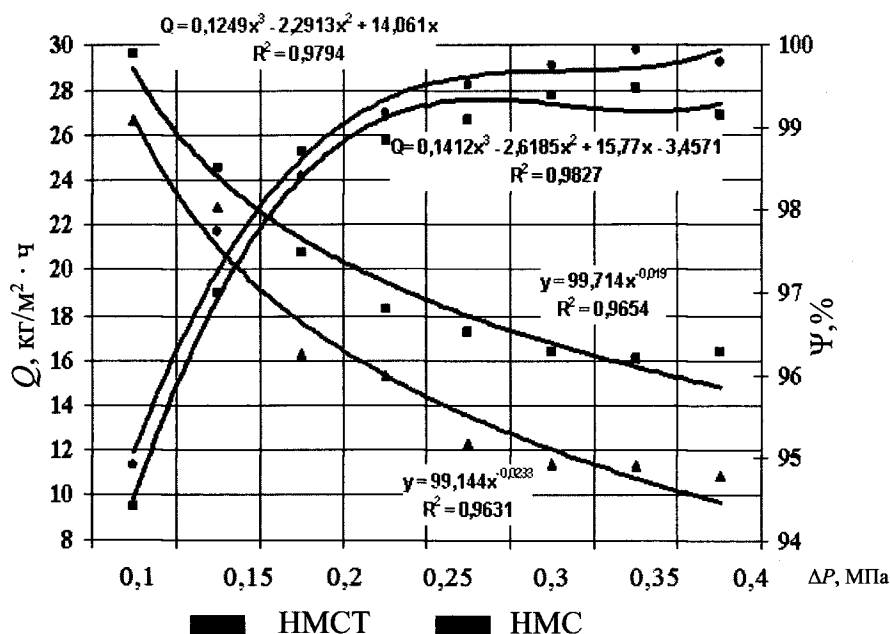
Рис. 7.7. Зависимость проницаемости Q и селективности Ψ мембраны УПМ-I от рабочего давления ΔP разделяемой системы при ультрафильтрации НМС

С точки зрения гидромеханических процессов, протекающих в мембранном канале аппарата, изменение нативных свойств белков молочной сыворотки должно быть связано с их комплексообразованием, что приведет к усилению эффекта перераспределения частиц дисперсной фазы. Для проверки этого предположения были проведены экспериментальные исследования процесса ультрафильтрации НМС, предварительно выдержанной при температуре соответствующей термокоагуляции сывороточных белков. В ходе эксперимента сыворотку нагревали до 92 °С, выдерживали 1 час, охлаждали до 55 °С и подвергали ультрафильтрации при различных режимах проведения процесса. Результаты сравнительного исследования влияния рабочего давления ΔP на проницаемость Q и селективность Ψ мембран при ультрафильтрации НМС и НМСТ (неочищенная подсырная сыворотка термообработанная) представлены на рис. 7.8.

Интенсивность изменения проницаемости Q при ультрафильтрации НМСТ меньше, чем этот показатель в случае использования НМС. Это объясняется тем, что при разделении НМСТ дисперсная фаза раствора состоит из скоагулированных и полностью денатурированных белковых компонентов молочной сыворотки.

Результаты исследования зависимости проницаемости Q и селективности Ψ мембран от скорости циркуляции разделяемого раствора в процессе баромембранного разделения НМС и НТМС при $\Delta P = \text{const}$ и $t = \text{const}$ представлены на рис. 7.9.

На основании вышеизложенного уровня варьирования основных факторов, влияющих на проницаемость и селективность мембраны УПМ-II, были установлены в пределах, указанных в табл. 7.1.



$$\begin{aligned}
 Q_{(\text{НМСТ})} &= 0,1249(\Delta P)^3 - 2,2913(\Delta P)^2 + 14,061(\Delta P) & (R^2 = 0,9794); \\
 \Psi_{(\text{НМСТ})} &= 99,144(\Delta P)^{-0,0233} & (R^2 = 0,9631); \\
 Q_{(\text{НМС})} &= 0,1412(\Delta P)^3 - 2,6185(\Delta P)^2 + 15,77(\Delta P) - 3,4571 & (R^2 = 0,9827); \\
 \Psi_{(\text{НМС})} &= 99,714(\Delta P)^{-0,019} & (R^2 = 0,9654).
 \end{aligned}$$

Рис. 7.8. Зависимость проницаемости Q и селективности Ψ мембраны УПМ-П от величины рабочего давления ΔP при ультрафильтрации НМС и НМСТ ($t = 25\text{--}27^\circ\text{C}$; $V = 3,8\text{--}4$ м/с.)

Таблица 7.1. Факторы, влияющие на процесс мембранного разделения НМС

Наименование факторов	Стандартное обозначение	Кодированное обозначение	Единицы измерения	Уровни	
				нижний (-1)	верхний (+1)
Рабочее давление в канале ба- ромембранного аппарата	ΔP	x_1	МПа	0,25	0,45
Скорость циркуляции разделя- емого НЦМ	V	x_2	м/с	2,5	4,0
Температура разделяемого НЦМ	T	x_3	$^\circ\text{C}$	40	50
Содержание частиц дисперсной фазы в НЦМ	C	x_5	% об.	8	14
Длительность процесса микро- фильтрации НЦМ	T	x_4	час	5	7

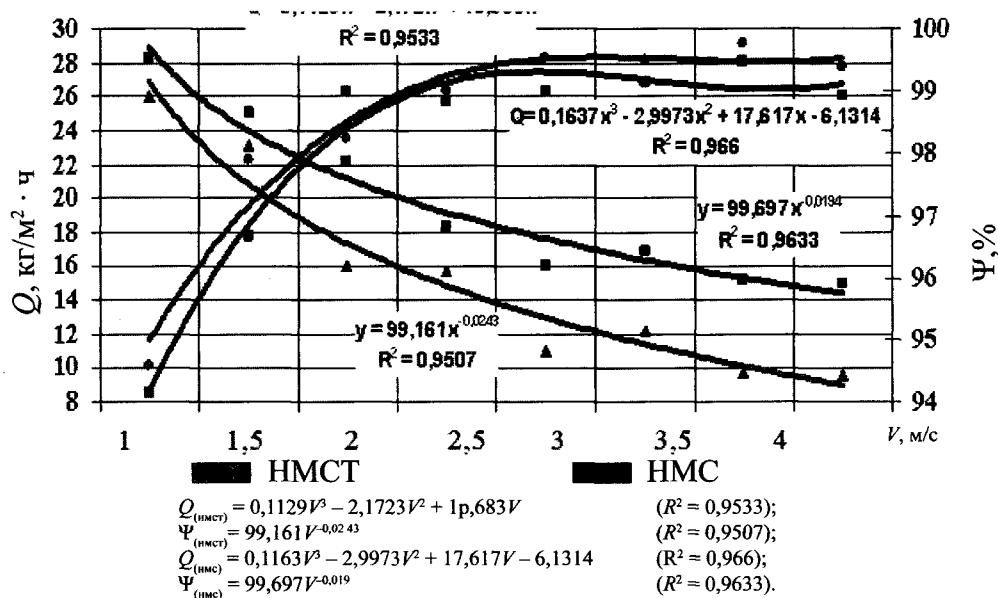


Рис. 7.9. Зависимости проницаемости Q и селективности Ψ мембран УПМ-П от скорости циркуляции разделяемого раствора V при баромембранном разделении НМС и НТМС ($\Delta P = 0,4-0,43$ МПа и $t = 25-27^\circ \text{C}$)

В результате проведения многофакторного эксперимента получены поверхности отклика (рис. 7.10) и регрессионные уравнения, определяющее зависимость проницаемости Q мембраны при микрофильтрации НМС от основных факторов, влияющих на процесс мембранного разделения:

$$Q = -1,1582 + 1,0926\Delta P + 19,6362V - 0,1207\Delta P^2 + 1,1868\Delta PV - 17,8881V^2 \quad (7.1)$$

$$\Psi = 100,8461 - 0,441\Delta P - 13,4036V + 0,0416\Delta P^2 - 0,731\Delta PV + 9,6686V^2 \quad (7.2)$$

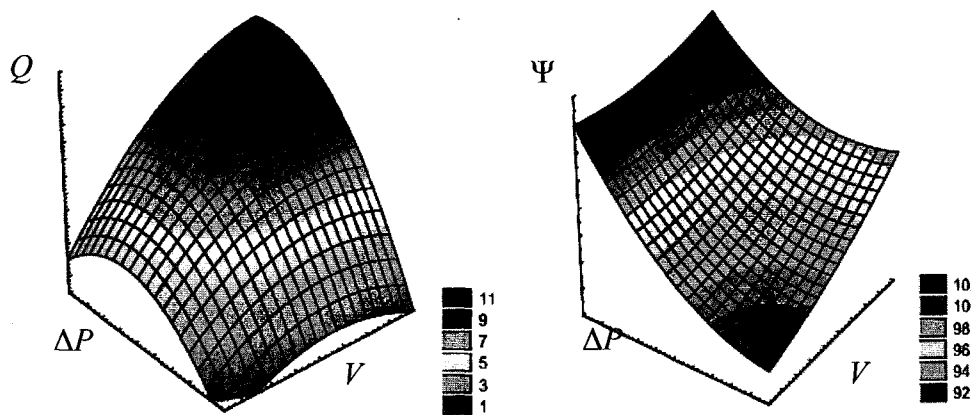


Рис. 7.10. Поверхности отклика проницаемости Q и селективности Ψ мембраны при ультрафильтрации неочищенной молочной сыворотки

На основании анализа результатов исследований определены следующие диапазоны оптимальных значений основных внешних факторов, влияющих на кинетические характеристики процесса баромембранного разделения НМС: рабочее давление 0,32–0,34 МПа; скорость циркуляции 2,5–4 м/с; температура раствора 40–50 °С; предел концентрирования 12–14 %; длительность процесса 5–7 часов.

Для системной аппроксимации результатов исследований по аналогу [47] использована методика «нейронная сеть», позволяющая решать сложные задачи оптимизации функций с множеством переменных. Наиболее часто для этих целей используется архитектура сети в виде многослойного персептрона (рис. 7.11).

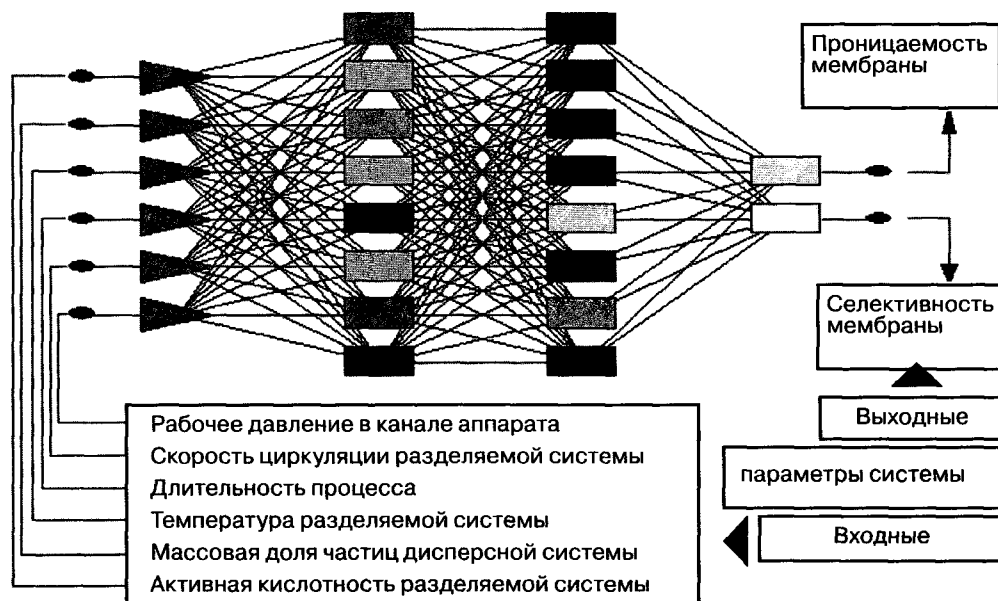


Рис. 7.11. Условная схема адаптированного многослойного персептрона

Наиболее сложным по физико-химическим свойствам объектом баромембранного разделения является неочищенная в поле центробежных сил молочная сыворотка (НЦМ). При ее ультрафильтрации на проницаемость и селективность мембран влияние оказывают следующие входные факторы:

- рабочее давление в канале баромембранного аппарата;
- скорость циркуляции разделяемой системы;
- длительность процесса разделения;
- температура разделяемой системы;
- массовая доля частиц дисперсной фазы в потоке;
- активная кислотность разделяемой системы.

Поверхности отклика, полученные в результате обработки массива экспериментальных данных с использованием методики нейронной сети (рис. 7.12), отличаются от результатов полученных с применением стандартных прикладных программ Microsoft Excel и Statistica 6.0 для ПЭВМ наличием не одного, а, по крайней мере, трех экстремумов.



Рис. 7.12. Поверхности отклика, полученные при обработке экспериментальных данных с использованием методики нейронных сетей

Результаты численного расчета проницаемости и селективности мембран при баромембранном разделении НМС с использованием нейронной сети представлены в табл. 7.2 [47].

Таблица 7.2. Результаты расчета параметров процесса баромембранного разделения НЦМ

№	ΔP , МПа	V , м/с	t , °С	τ , час	C , %	pH	Q , кг/м²·час	Ψ , %
1	0,232	1,191	45,360	3,173	10,032	4,620	7,21	95,345
2	0,244	1,223	44,709	3,214	10,124	4,728	7,357	95,435
3	0,256	1,384	43,086	3,319	10,262	4,834	7,581	96,527
4	0,265	1,491	41,034	3,482	10,372	4,939	7,673	95,639
5	0,271	1,558	40,753	3,576	10,591	5,058	7,759	97,957
6	0,283	1,676	39,963	3,663	10,668	5,164	8,247	95,434
7	0,297	1,794	38,741	3,721	10,734	5,208	7,759	96,642
8	0,302	1,847	37,357	3,867	10,807	5,337	9,183	95,227
9	0,314	1,921	36,159	3,948	10,967	5,419	9,682	96,423
10	0,321	2,095	35,349	4,050	11,083	5,582	9,742	95,578
11	0,337	2,138	34,762	4,175	11,140	5,646	9,653	97,476
12	0,341	2,294	33,289	4,213	11,228	5,757	10,157	95,472
13	0,356	2,325	32,468	4,395	11,391	5,838	10,367	94,754
14	0,362	2,494	31,873	4,426	11,473	5,916	9,857	95,318
15	0,371	2,517	30,423	4,584	11,582	6,084	10,235	96,755
16	0,384	2,694	29,915	4,671	11,645	6,129	10,957	95,427
17	0,392	2,703	28,675	4,765	11,756	6,270	11,214	98,172
18	0,404	2,821	27,286	4,803	11,813	6,334	9,876	95,363

Окончание табл. 7.2.

№	ΔP , МПа	V , м/с	t , °C	τ , час	C , %	pH	Q , кг/м ² час	Ψ , %
19	0,411	2,915	26,346	4,982	11,919	6,428	13,567	94,426
20	0,423	3,094	25,642	5,058	12,082	6,564	14,35	95,769
21	0,435	3,123	24,358	5,156	12,173	6,659	14,058	95,687
22	0,441	3,291	23,648	5,214	12,294	6,735	13,594	97,167
23	0,452	3,344	22,125	5,330	12,390	6,871	12,458	96,745
24	0,444	3,495	21,316	5,475	12,430	6,906	12,387	95,733
25	0,431	3,534	20,831	5,587	12,508	7,083	12,035	94,437
26	0,423	3,696	19,467	5,669	12,682	7,104	12,159	95,438
27	0,414	3,721	18,286	5,745	12,746	7,229	12,294	97,423
28	0,401	3,894	17,139	5,823	12,873	7,372	12,356	94,437
29	0,391	3,926	16,852	5,910	12,991	7,434	12,652	95,467
30	0,384	4,097	15,624	6,051	13,086	7,586	12,806	96,458
31	0,372	4,184	16,579	6,196	13,142	7,624	12,835	95,484
32	0,361	4,292	17,823	6,225	13,262	7,775	12,985	96,432
33	0,352	4,374	18,746	6,353	13,384	7,882	13,356	97,447
34	0,345	4,493	19,258	6,458	13,497	7,904	13,284	94,453
35	0,331	4,554	20,753	6,523	13,564	8,082	13,559	95,486
36	0,324	4,621	21,248	6,651	13,631	8,164	13,676	96,449
37	0,316	4,751	22,951	6,758	13,793	8,273	14,789	95,437
38	0,301	4,894	23,236	6,853	13,882	8,319	14,856	97,498

Из представленных данных следует, что область оптимальных значений рабочих параметров процесса баромембранного разделения НМС оказывается гораздо шире, чем это показывает расчет, проведенный традиционным способом. Это дает основания сделать заключение о целесообразности применения методики нейронной сети для обработки экспериментальных данных, полученных в результате исследования процесса баромембранного разделения ЖВПС. Кроме того, с помощью нейронной сети можно провести виртуальные эксперименты, направленные на дальнейшее изучение закономерностей процесса баромембранного разделения ЖВПС. Причем такая методика позволяет моделировать сочетание внешних факторов, по усмотрению самого исследователя практически в любых диапазонах, и в режиме реального времени отслеживать динамику выходных параметров мембран.

На данной экспериментальной базе авторами сформулированы требования к аппаратурному оформлению процесса ультрафильтрации нативной (несепарированной) подсырной сыворотки [47]. Все это позволило предложить ассортиментную линейку продуктов, которые будут описаны в разделе III.

7.3. Разделение молочной сыворотки баро- и электромембранными методами

По мнению Г. Б. Гаврилова [33], применение мембранной обработки молочного сырья, в т. ч. молочной сыворотки, является значительным резервом интенсификации технологии молочных продуктов. Высокая эффективность использования мембранных процессов в различных промышленных технологиях, а также их экономичность способствует стремительному росту в последнее десятилетие теоретических и прикладных исследований, количества и ассортимента выпускаемых мембран и установок, а также связанного с ним увеличения финансирования, выделяемого на эти цели во всех экономически развитых странах. Одна из причин интенсивного развития мембранной технологии — сравнительно низкие затраты на процессы разделения. Мембранные процессы особенно эффективны в технологиях концентрирования, очистки и фракционирования биологических систем и растворов, к которым он естественно относит молочную сыворотку.

Г. Б. Гаврилов, в рамках школы проф. Л. А. Остроумова (КемТИПП), обосновал и провел широкомасштабные системные исследования по баро-электромембранной обработке реальных (промышленных) объектов — подсырной сыворотки обратным осмосом, ультрафильтрацией и электродиализом сложнейшей технологической фракции молекулярно-ситового разделения — концентрата сывороточных белков.

7.3.1. Закономерности концентрирования сывороточных белков

Проведенные исследования [33, 48, 49] по оптимизации сочетаний мембранных технологических процессов с целью получения сывороточных концентратов с регулируемым белково-углеводным и минеральным составом выявили следующие возможные рациональные схемы технологических процессов:

- обратный осмос — ультрафильтрация;
- обратный осмос — электродиализ — ультрафильтрация;
- ультрафильтрация — электродиализ.

Концентрирование подсырной сыворотки обратным осмосом при температуре 28–30 °С и давлении 2,6–3,2 МПа позволяет получить продукт следующего состава (табл. 7.3) [48, 49].

Таблица 7.3. Состав сыворотки и ее фильтрата, полученных при концентрировании обратным осмосом ($\bar{X} \pm m$; $m \leq 0,05$)

Показатели	Исходная	Концентраты		Фильтрат
Массовая доля, %:				
Сухих веществ	6,10	12,00	18,6	0,10
Небелковых азотистых веществ	0,20	0,36	0,54	0,06
Белков	0,60	1,20	1,83	0,00
Лактозы	4,50	8,94	13,80	0,03
Молочного жира	0,06	0,12	0,18	0,00
Молочной кислоты	0,14	0,28	0,45	0,00
Золы	0,56	1,08	1,78	0,01

Дальнейшее проведение процесса приводит к высокой концентрационной поляризации на поверхности мембран вследствие вязкостных и гидродинамических условий истечения продукта (табл. 7.4).

Таблица 7.4. Вязкостные характеристики сыворотки ($\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с), концентрированной обратным осмосом ($X \pm m$; $m \leq 0,05$)

Градиент скорости, c^{-1}	Массовая доля сухих веществ, %					
	6,0		12,0		20,0	
	20 °C	50 °C	20 °C	50 °C	20 °C	50 °C
84	3,28	2,09	2,92	2,48	4,01	2,76
729	1,15	0,82	1,66	0,98	2,98	1,36
1312	1,04	0,62	1,60	0,80	2,82	1,24

Решение задачи сочетания технологических схем определяется выявлением эффективного уровня концентрирования в процессе обратного осмоса и ультрафильтрации, а также оценкой параметров циркуляции растворов в электродиализной установке. Критерием оценки могут служить вязкостные характеристики концентрата (рис. 7.13) и скорость фильтрации [33].

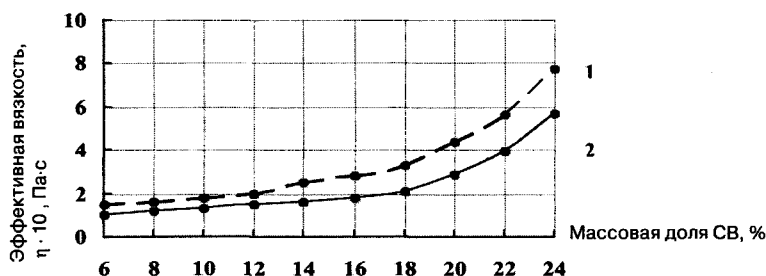


Рис. 7.13. Зависимость эффективной вязкости УФ-концентратов с различной массовой долей сухих веществ при скорости сдвига 1312 c^{-1} и температуре: 1 — 20°C ; 2 — 50°C

Следует отметить, что увеличение вязкости происходит во всем исследуемом интервале, однако в концентратах с массовой долей сухих веществ 18,0–20,0 % значения ее резко возрастают. При концентрировании обратным осмосом для аналогичных значений сухих веществ вязкость является сопоставимой.

Сравнение характеристических данных вязкости концентратов, полученных при обратном осмосе и ультрафильтрации с массовой долей сухих веществ 20,0 %, позволяет сделать вывод о критичности дальнейшего фракционирования их ультрафильтрацией с целью получения высокобелковых продуктов.

Изучены [33] особенности мембранного фракционирования белков молочной сыворотки в процессе ультрафильтрации без предконцентрирования. В результате проведенных экспериментов выявлены зависимости изменения массовых долей сухих и азотистых веществ (рис. 7.14).

Установлена эффективность концентрирования сывороточных белков методом ультрафильтрации до 55,0 % в сухом веществе (18,0 % сухих веществ).

По мере повышения фактора концентрирования происходит увеличение содержания всех основных компонентов молочной сыворотки, особенно в значительной степени азотистых

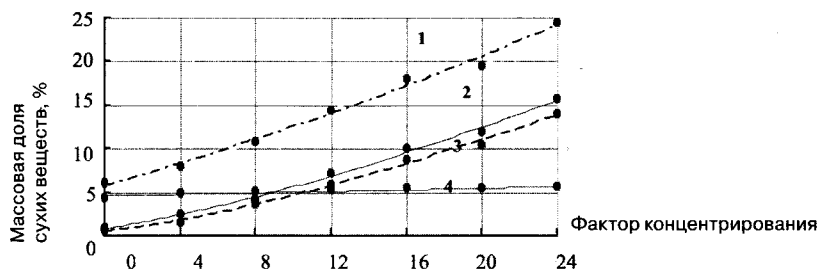


Рис. 7.14. Содержание сухих веществ (1), общего азота (2), белкового азота (3) и лактозы (4) в концентратах сывороточных белков

веществ. Темп повышения массовой доли жира в концентрате превалирует над темпом концентрирования азотистых веществ, что обусловлено практически полной селективностью мембран по жиру. Данный факт обусловлен размерами молекул концентрируемых компонентов, в частности сывороточных белков и жировой фазы. Эквивалентные размеры последней превосходят на два-три порядка аналогичные характеристики сывороточных белков [50].

Увеличение абсолютного содержания лактозы в концентрате, по сравнению с исходной сывороткой, указывает на селективность мембран по отношению к этому компоненту. Несмотря на увеличение абсолютной массовой доли лактозы и золы в белковом концентрате, относительное содержание их (в пересчете на сухое вещество) уменьшается. Так, при массовой доле сухих веществ 10 и 20 % массовая доля лактозы снижается на 30 и 65 %, а золы на 20 и 40 %, соответственно. Содержание золы в сухом остатке белковых концентратов превышает в 2–3 раза аналогичный показатель, характерный для большинства пищевых продуктов.

Для получения концентрата сывороточных белков с массовой долей азотистых веществ 35 % и 55 % в сухом остатке необходимо, чтобы содержание сухих веществ в концентрате после ультрафильтрации находилось в пределах 9,7–10,3 и 17,8–18,2 %, соответственно. При известной селективности мембран количественный состав УФ-концентратов будет зависеть в основном, от состава исходного сырья — белка, лактозы, жира и золы.

Установлено [33], что при концентрировании сывороточных белков методом ультрафильтрации часть из них непременно переходит в фильтрат в зависимости от размеров молекул и селективности мембран. Поэтому представляет особый интерес определение компонентного состава сывороточных белков с целью выявления изменений в их соотношении в процессе концентрирования и оценки полученного продукта (табл. 7.5).

Таблица 7.5. Фракционный состав сывороточных белков ультрафильтратов

Массовая доля, %		Массовая доля азота (N-6,38), %					
Сухих веществ	Белковых азотистых веществ	Иммунных глобулинов	α -Лактальбумина	β -Лактоглобулина		Минорных белков	
				1	2	3	4
6,0	0,65	0,065	0,186	0,149	0,166	0,042	0,042
10,0	2,6	0,308	0,693	0,618	0,618	0,170	0,175
14,5	5,9	0,735	1,502	1,441	1,430	0,389	0,402
18,0	9,5	1,309	2,384	2,345	2,175	0,628	0,659
24,0	14,0	1,956	3,236	3,841	3,490	0,753	0,724

В таблице приведен компонентный состав сывороточных белков при различной концентрации сухих веществ ультрафильтратов. Компоненты, обозначенные индексами 3 и 4, являются минорными и располагались после β -лактоглобулина.

В результате проведенных исследований установлено, что по мере концентрирования сухих веществ происходит увеличение всех белковых фракций в концентрате и изменение соотношения в компонентном составе сывороточных белков. Удаление части α -лактальбумина подтверждают электрофореграммы фильтрата молочной сыворотки. Это можно объяснить меньшим молекулярным весом α -лактальбумина (в сравнении с β -глобулином (1) и, тем более, иммунными глобулинами) и вероятно более компактным его строением, что приведет к частичному переносу его в фильтрат. Параметры аминокислотного состава сывороточных белковых концентратов представлены в табл. 7.6.

Таблица 7.6. Аминокислотный состав сывороточных белковых концентратов

Наименование аминокислот	Массовая доля аминокислоты (мг/100 г) в ультрафильтрате с массовой долей сухих веществ, %		
	6,0 \pm 0,2 (контроль)	10,2 \pm 0,2	20,1 \pm 0,4
Незаменимые аминокислоты			
Валин	41 \pm 3	179 \pm 15	602 \pm 60
Изолейцин	40 \pm 7	162 \pm 80	540 \pm 64
Лейцин	62 \pm 5	3200 \pm 200	6930 \pm 700
Лизин	46 \pm 3	2350 \pm 150	6090 \pm 600
Метионин	11 \pm 1	390 \pm 40	1840 \pm 200
Треонин	43 \pm 3	2050 \pm 150	5660 \pm 500
Фенилаланин	16 \pm 8	920 \pm 100	3620 \pm 400
Заменимые аминокислоты			
Аланин	34 \pm 3	1250 \pm 120	3050 \pm 30
Аргинин	23 \pm 5	750 \pm 40	2400 \pm 250
Аспарагиновая кислота	60 \pm 2	2690 \pm 250	7600 \pm 700
Гистидин	9 \pm 1	510 \pm 50	1810 \pm 200
Глицин	14 \pm 1	470 \pm 50	1540 \pm 150
Глутаминовая кислота	102 \pm 10	4800 \pm 450	12280 \pm 1000
Пролин	45 \pm 4	256 \pm 20	8180 \pm 700
Серин	36 \pm 3	163 \pm 15	3900 \pm 40
Тирозин	14 \pm 1	82 \pm 8	362 \pm 35
Цистин	4 \pm 1	143 \pm 15	493 \pm 50

Анализ полученных результатов, приведенных в таблице 7.6, показал, что в процессе ультрафильтрации происходит увеличение всех представленных аминокислот и, что особенно ценно, таких незаменимых аминокислот, как лизин, изолейцин, треонин. При этом соотношение суммы заменимых аминокислот к сумме незаменимых остается практически постоянным. Из представленного общего количества аминокислот незаменимые аминокислоты (без учета триптофана) составляют до 42 %. Таким образом, сывороточные белковые концентраты являются богатым источником серосодержащих аминокислот, что особенно важно при использовании в детских, диетических и других продуктах питания. При этом массовая доля его сухих веществ в фильтрате составляет (5,4 \pm 0,2) %, массовая доля лактозы колеблется от 4,0 до 4,4 %, а небелковых азотистых веществ до 0,32 %. Очевидно, что наиболее перспективным направлением использования фильтрата является переработка его на углеводосодержащие концентраты: глюкозо-галактозные сиропы, препараты лактулозы и др.

Обобщая результаты экспериментов по концентрированию белков из молочной сыворотки, следует заметить, что в процессе ультрафильтрации можно получить продукт с широким интервалом азотистых веществ (до экономически оправданных пределов) и с необходимым соотношением «сывороточные белки — лактоза».

В процессе ультрафильтрации сыворотки наблюдается абсолютное увеличение массовой доли макро- и микроэлементов в концентрате (табл. 7.7), наибольшей степенью концентрирования из которых обладают кальций, фосфор и магний. Это объясняется тем, что их значительная часть связана с молекулами сывороточных белков.

Таблица 7.7. Минеральный состав УФ-концентратов при различной массовой доле сухих веществ

Массовая доля сухих веществ, %	Макроэлементы (мг/кг)				
	К	Na	Ca	P	Mg
6,0±0,2	1630±100	490±40	565±50	520±50	85±25
10,1±0,3	1810±100	595±50	1280±100	990±100	120±30
15,0±0,5	2030±150	690±50	1870±150	1520±100	165±30
20,1±0,5	2290±150	785±50	2650±200	1960±150	210±35

Массовая доля сухих веществ, %	Микроэлементы (мг/кг)				
	Zn	Fe	Mn	Cu	Co
6,0±0,2	160±30	520±60	5,7±0,6	32±4,0	9,7±1,8
10,1±0,3	720±30	3950±100	45,1±2,0	245±10,4	73±5,0
15,0±0,5	980±50	5880±100	68,7±2,0	540±10,5	112±5,7
20,1±0,5	1120±50	7470±100	82,4±2,0	970±10,9	146±10,8

Для нормализации УФ-концентратов по минеральному составу возникает необходимость в его частичной деминерализации. Как было показано, наиболее рациональным методом деминерализации сывороточных белковых концентратов является электродиализ с ионоселективными мембранами.

7.3.2. Оптимизация процесса электродиализного обессоливания

При осуществлении электродиализного процесса обессоливания УФ-концентратов трудность заключается в выборе такого критериального параметра, который мог бы в достаточно полной мере характеризовать весь процесс в целом. Таким критерием могла бы быть производительность ЭД-процесса, характеризуемая количеством удаленных минеральных веществ за фиксированное время. Однако этот параметр носит интегральный характер, зависящий от всей совокупности факторов, некоторые из которых трудно поддаются контролю и регулированию, а также сложным образом изменяются при проведении ЭД-процесса. Учет этих факторов значительно усложняет проведение исследований по оптимизации ЭД-процесса.

Анализ возможностей построения необходимого критерия показал, что для электродиализного процесса в качестве такового целесообразно выбрать электрическое сопротивление совокупности камер обессоливания электродиализатора. Этот параметр отражает существенную функциональную характеристику ЭД-процесса, то есть возможность обессоливания. Выбранный критерий является функцией гидродинамического режима циркуляции УФ-концентрата в камерах обессоливания, температуры, pH и соле содержания продукта. Все эти параметры являются регулируемые, за исключением последнего.

Однако, как показала практика, при регламентированном режиме процесса ультрафильтрации массовая доля золы в УФ-концентрате имеет незначительный разброс, который при фиксированных значениях pH и температуры несущественно влияет на его электропроводность. Гидродинамический режим в камерах обессоливания определяется в основном конструкцией прокладок-турбулизаторов и гидравлическим давлением, оптимальное значение которого заранее определено. Таким образом, главными факторами, определяющими данный критерий, являются температура процесса и pH УФ-концентрата.

При проведении оптимизационного эксперимента [33] были определены пределы варьирования входных факторов:

- температура ЭД-процесса — X_1 , пределы изменения от 30 до 56 °С.
- величина pH УФ-концентрата — X_2 , пределы изменения от 4,6 до 6,4.

В качестве выходного параметра выбран критериальный параметр R , характеризующий суммарное электросопротивление камер обессоливания после установленного рабочего режима, определяемое по формуле

$$R = \frac{U\sigma_p}{I(\sigma_p + \sigma_k)} \quad (7.3)$$

где $U\sigma_p$ — напряжение на электродиализаторе при вхождении в рабочий режим, колеблется от 160 до 200 В;

I — ток на мембранном пакете, А;

σ_p — электропроводность рассола, Ом/м;

σ_k — электропроводность УФ-концентрата, Ом/м.

Значения параметров, не попавших в группу выделенных факторов, поддерживались примерно на постоянном уровне, а именно:

C_o — начальная концентрация рассола, C_o равен 0,3 %;

V — объем УФ-концентрата V равен $(60-80) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;

$C_{св}$ — массовая доля сухих веществ в УФ-концентрате, $C_{св}$ равен 9,8–20,2 %.

Особенность математической конструкции критерия оптимизации R , выражаемого формулой (7.1), заключается в том, что умеренные колебания значений вышеперечисленных параметров не оказывают на него существенного влияния. Значения критерия вычислялись в момент стабилизации режима, то есть через 15 минут после подачи токовой нагрузки. Матрица планирования и результаты экспериментов (значения критерия оптимизации) представлены в табл. 7.8 [33].

Уравнение регрессии, полученное по результатам математической обработки экспериментальных данных, имеет следующий вид [33]:

$$R = 95,115 - 4,194X_1 + 0,048X_1^2 + 6,407X_2 - 0,101X_1X_2 \quad (7.4)$$

Таблица 7.8. Матрица планирования и результаты измерений

№	X_1	X_2	$T, ^\circ\text{C}$	pH	Оптимизационный параметр, В/А		
					R_1	R_2	R_3
1	–1	–1	30	4,6	28,1	27,8	29,0
2	1	–1	56	4,6	15,7	15,3	16,2
3	–1	1	30	6,4	34,6	33,9	33,7
4	1	1	56	6,4	16,9	16,3	17,1
5	1	0	56	5,5	13,7	14,1	12,9
6	0	1	43	6,4	17,1	17,6	18,0
7	0	0	43	5,5	14,3	14,8	14,5

С целью описания влияния каждого фактора на параметр оптимизации построен график, на котором зафиксировано семейство уровней параметра (рис. 7.15).

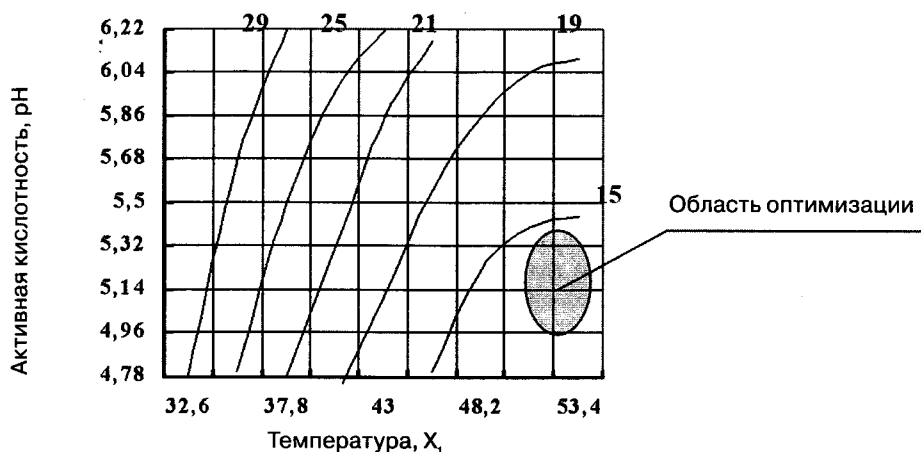


Рис. 7.15. Уровни фиксированных значений параметра оптимизации

Анализ семейства уравнений, соответствующих линиям уровня, представленных на рис. 7.15, позволяет выделить область значений факторов X_1 и X_2 , соответствующих наиболее интенсивному протеканию ЭД-процесса обессоливания УФ-концентратов (минимальное значение параметра оптимизации), а именно температура 48–50 °C; pH 4,8–5,3. В общем случае регулирование pH УФ-концентрата целесообразно производить соляной кислотой. В процессе электродиализа наряду с удалением из УФ-концентрата минеральных веществ происходит удаление соляной кислоты. Альтернативной возможностью снижения pH является ведение процесса деминерализации при определенных плотностях тока с сочетанием высоких скоростей циркуляции растворов. Однако в большинстве случаев необходимость в таких мерах отпадает, в связи со спросом на готовый продукт с невысоким уровнем деминерализации и нежелательностью введения реагентов.

Таким образом, в результате проведения оптимизационного эксперимента получено уравнение регрессии и область значений температуры и pH УФ-концентрата, соответствующих оптимальному протеканию процесса его электродиализного обессоливания: $48 \leq t \leq 50$, $4,8 \leq \text{pH} \leq 5,3$ [33].

Деминерализации подвергались образцы сывороточных УФ-концентратов с массовой долей сухих веществ от 10 до 20 %, что соответствует массовой доле азотистых веществ 35–60 % в сухом остатке. Процесс деминерализации осуществляли при температуре 49–52 °C. Учитывая влияние pH на диссоциацию комплексов и взаимосвязь различных макро- и микроэлементов с сывороточными белками, представляет интерес выявление характера такой взаимосвязи в процессе деминерализации УФ-концентратов. Показанную на рис. 7.16 зависимость темпа удаления макроэлементов от уровня деминерализации получили в интервале значений активной кислотности pH 6,4–6,6 [33].

Темп удаления одновалентных ионов выше, чем двухвалентных, несмотря на то, что подвижность их в электрическом поле вдвое меньше. Этот факт обусловлен тем, что большая часть содержащихся в сыворотке, а, следовательно, и концентрате сывороточных белков кальция и магния связана в различные комплексы с молекулами белка, а также слабодиссоциирующие молекулы фосфатов и цитратов. Поскольку в электродиализном переносе учас-

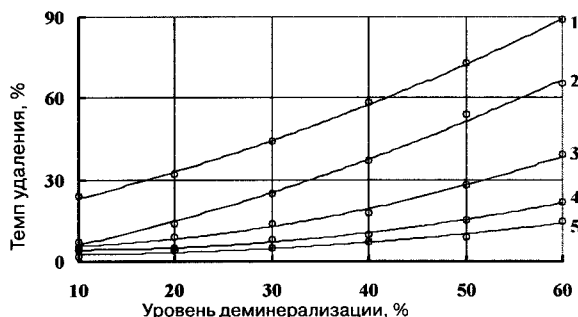


Рис. 7.16. Динамика удаления некоторых макроэлементов в процессе деминерализации концентратов сывороточных белков с массовой долей сухих веществ 12,0%: 1 — калий; 2 — натрий; 3 — фосфор; 4 — кальций; 5 — магний

твуют свободные ионы, именно одновалентные ионы удаляются в первую очередь, что также подтверждается исследованиями по деминерализации молочной сыворотки [51].

С увеличением степени деминерализации, особенно после достижений уровня 40 %, темп удаления кальция и магния возрастает. Такой факт можно объяснить исходя из условия электронеutrальности раствора, требованием которого является равенство суммы свободных зарядов катионов и анионов. В исходном растворе, когда число катионов превышает число анионов, часть катионов должна быть связана с анионными группами белков, либо катионы образуют с присутствующими анионами растворимые комплексные соединения. Цитраты и фосфаты обладают способностью к образованию комплексов, и часть магния и кальция связывается в форме растворимых цитратных комплексов.

В ходе экспериментов выявлено [33], что величину рН сывороточных белковых концентратов можно регулировать в пределах 6,8–4,7, направленно изменяя электрические параметры на установке. Увеличение величины рН, несмотря на снижение эффективности процесса, может быть обусловлено требованием к готовому продукту. Во втором случае, несмотря на значительное удаление многовалентных ионов, имеет место блокирование мембран белками, особенно при работе в принятых режимах циркуляции растворов (0,1–0,15 м/с) с прокладками-турбулизаторами, что приводит к преждевременному выходу мембран из строя вследствие концентрационной поляризации. Поэтому максимальное извлечение минеральных веществ, особенно кальция, лучше проводить при подкислении концентрата.

На рис. 7.17 приведены характеристики макроэлементного состава концентратов сывороточных белков, полученных в процессе деминерализации при значениях рН 6,35–6,10 и плотностях тока, соответствующих 80 % от предельного значения [33].

Анализ приведенных данных показывает, что при одном и том же значении конечного уровня деминерализации темп удаления отдельных минеральных элементов из концентратов сывороточных белков при электродиализе снижается в порядке следующего расположения: для макроэлементов — калий, магний, натрий, фосфор, кальций, магний; для микроэлементов — железо, кобальт, медь, цинк, марганец. Для одновалентных ионов калия и натрия степень удаления соответствует их подвижности в электрическом поле. Для остальных элементов не обнаружено определенной зависимости между степенью удаления и подвижностью в электрическом поле, что свидетельствует о достаточно прочной связи многовалентных ионов с белками.

Деминерализация белковых концентратов приводит к обогащению их в относительном содержании многовалентными ионами (фосфором, кальцием, магнием), доля которых в кон-

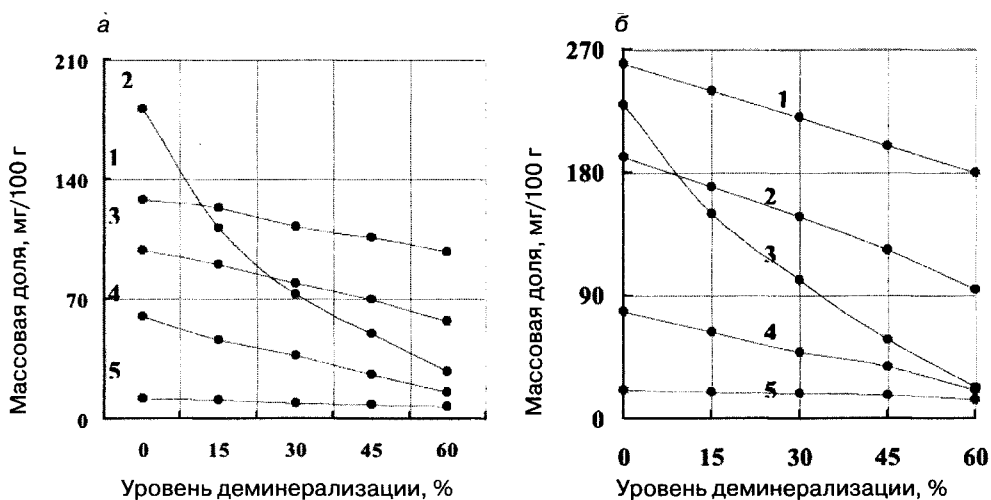


Рис. 7.17. Макроэлементный состав сыровоточных УФ-концентратов с массовой долей сухих веществ 10,0% (а) и 20,0% (б) в процессе деминерализации: 1 — калий; 2 — кальций; 3 — фосфор; 4 — натрий; 5 — магний

центрате возрастает, что подтверждает выявленная в процессе электродиализа динамика минерального состава.

Электродиализное обессоливание позволяет регулировать в широком интервале минеральный состав концентрата. Абсолютное содержание отдельных макроэлементов в процессе деминерализации зависит от таких показателей при обработке сырья и концентрата, как рН и температура. Значительное отклонение какого-либо показателя изменяет соотношение этих компонентов. Результаты исследований [33, 49] позволяют охарактеризовать различные концентраты, получаемые с использованием баромембранных и электромембранных процессов (табл. 7.9).

Таблица 7.9. Физико-химические показатели концентратов сыровоточных белков, полученных с использованием обратного осмоса, ультрафильтрации и электродиализа ($\bar{X} \pm m$; $m \leq 0,05$)

Показатели	Образцы КСБ							
	УФ/ЭД	ОО/УФ	УФ/ЭД	ОО/УФ	УФ/ЭД	ОО/УФ	УФ/ЭД	ОО/УФ
Массовая доля, %:								
сухих веществ	9,6	18,0	96,0	96,0	17,2	25,6	96,0	96,0
азотистых веществ	3,5	6,6	35,0	35,0	10,0	13,7	55,0	51,0
лактозы	5,2	9,2	52,0	50,0	5,5	9,5	31,0	35,6
зола	0,3	1,10	3,0	6,0	0,5	1,2	3,0	4,5
жира	0,5	0,8	5,0	4,2	1,0	1,2	6,0	4,5

Полученные в результате выполнения исследований опытные и промышленные образцы концентратов сыровоточных белков с различным составом и свойствами использовали в технологии продуктов функционального питания, которые описаны в разделе III.

7.4. Резюме по главе 7

Анализируя возможности молекулярно-ситового разделения компонентов молочной сыворотки, следует отметить эффективность и практическую апробацию ультрафильтрации и электродиализа. Достаточно большая вероятность использования нанофильтрации. Широкие возможности открывает микрофильтрация. Именно она, как, впрочем, и другие методы молекулярно-ситового разделения, в области обработки молочной сыворотки может привести к прорыву существующих технологий и их аппаратного оформления. С учетом биотурбирования обрабатываемого сырья следует обратить внимание на санацию мембран и установок. Определенные перспективы имеются у обратного осмоса. Глубокая деминерализация с регулированием pH заложена в ионном обмене [52]. Сорбция и десорбция, так же как гелефильтрация, все еще ждут своего исследования. Показана практическая возможность управляемого регулирования кислотности молочной сыворотки [53] и применения аппаратов рулонного типа [54]. Хотелось бы еще раз остановиться на общем положении: важно найти разумное и рациональное применение получаемым мембранными методами продуктам. Одно только фракционирование комплекса сывороточных белков стоит усилий мирового сообщества профессионалов молочного дела. По всей видимости, уже сегодня возможно комплектование универсальных модулей, аналогичных разработкам «МЕГА-ПрофиЛайн» с фирмой *GEA* и СевКавГТУ [8] по комплексной обработке молочной сыворотки микрофильтрацией, ультрафильтрацией и обратным осмосом совместимых с электродиализом либо ионным обменом. С разрешения разработчиков ниже показан универсальный модуль (рис. 7.18) для молекулярно-ситового фракционирования компонентов молочной сыворотки, как величайшее достижение ума и рук человеческих для реализации феномена объекта монографии. При этом все операции на наноуровне проводятся с кластерами молочной сыворотки по нанобиомембранным технологиям.

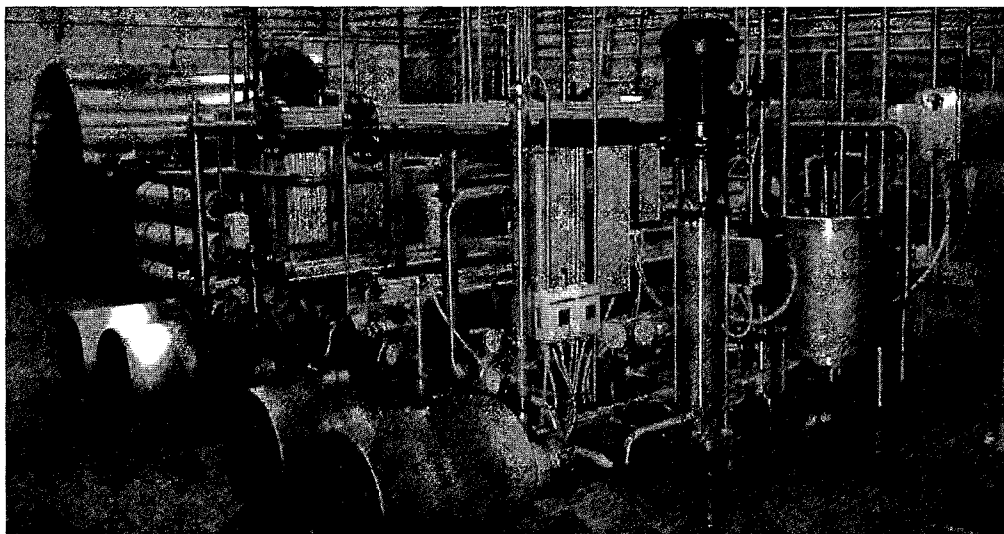


Рис. 7.18. Универсальный модуль мембранной фильтрации молочной сыворотки

7.5. Литература к главе 7

1. Липатов, Н. Н. Мембранные методы разделения молока и молочных продуктов [Текст]/Н. Н. Липатов, В. А. Марьин, Е. А. Фетисов. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 168 с.
2. Белов, Н. И. Концентрирование и очистка молочной сыворотки гиперфильтрацией [Текст]/Н. И. Белов, Н. Н. Липатов. — Молочная промышленность, 1970, № 5. — С. 17–19.
3. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию [Текст]/М. Мулдер. Пер. с англ. А. Ю. Алентьева и Г. П. Ямпольской. — М.: Мир, 1999. — 513 с.
4. Гаврилова, Н. Б. Производство молочных продуктов по мембранным технологиям [Текст]/Н. Б. Гаврилова. — Молочная промышленность, 2008. — № 11. — С. 47–48.
5. Фетисов, Е. А. Мембранные и молекулярно-ситовые методы переработки молока [Текст]/Е. А. Фетисов, А. П. Чагаровский. — М.: Агропромиздат, 1991. — 272 с.
6. Павлов, В. А. Новые методы переработки молочной сыворотки [Текст]/В. А. Павлов. — М.: Росагропромиздат, 1990. — 150 с.
7. Евдокимов, И. А. Электродиализ молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, А. В. Пермяков. — Георгиевск: ГТИ (филиал) СевКавГТУ, 2009. — 248 с.
8. Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности [Текст]/Под ред. И. А. Евдокимова (коллективная монография по материалам международной научно-практической конференции). — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — 84 с.
9. «*Trends in Utilization of Whey and Whey Derivatives*» [Текст]/Бюллетень ММФ № 233. Брюссель, — 1988. — 121 с.
10. «*Whey*» [Текст]/Материалы 2-й Международной конференции по сыворотке, г. Чикаго, США 27–29 октября 1997. Брюссель: Международная Молочная Федерация — 299 с.
11. «*The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition*» [Текст]/Материалы 3-й Международной конференции по сыворотке, г. Мюнхен, Германия 12–14 сентября 2001. — Мюнхен, 2001. — 399 с.
12. «*The Wonders of Whey... Catch the Power*» [Текст]/Материалы 4-й Международной конференции по сыворотке, г. Чикаго, США 11–14 сентября 2005. Чикаго, 2005. — 440 с.
13. «*Wheyvolution*» [Текст]/Материалы 5-й Международной конференции по сыворотке, г. Париж, Франция 2008.
14. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки молочной сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — 173 с.
15. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — 209 с.
16. Международный научно-практический семинар «Переработка молочного сырья: оборудование, аппаратурно-процессовое оформление, технологии». — Чешская Республика, Прага, 19–26 апреля 2008.
17. Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ — 75 лет). Сборник научных трудов. — Москва, 2007. — 402 с.
18. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Задачи и направления развития молочной отрасли в контексте реализации «Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». — Адлер, 2009. — 116 с.
19. Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» (Москва, 14–16 мая 2007) и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» (Москва, 17 мая 2007). — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — 402 с.
20. Остроумов, Л. А. Удаление минеральных элементов из концентратов сывороточных белков [Текст]/Л. А. Остроумов, Г. Б. Гаврилов. //Молочная промышленность. — 2006. — № 2. — С. 82.
21. Евдокимов И. А., Деминерализация подсырной соленой сыворотки методом электродиализа [Текст]/И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, Д. Н. Володин и др. //Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 26–28.
22. Остроумова, Т. Л. Концентрирование компонентов молока ультрафильтрацией [Текст]/Т. Л. Остроумова. //Молочная промышленность. — 2007. — № 3. — С. 64–65.

23. Храмов, А. Г. Инновационные приоритеты использования молочной сыворотки на принципах логистики безотходной технологии [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, П. Г. Нестеренко//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 28–32.
24. Лодыгин, А. Д. Концентрат галактоолигосахаридов из лактозы и ультрафильтрата молочной сыворотки [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Б. Родная//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 54.
25. Храмов, А. Г. Адаптация доктрины нанобиомембранных технологий на основе кластеров молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов//Молочная промышленность. — 2010. — № 1.
26. Гетман, И. Отфильтровано с успехом! [Текст]/И. Гетман//Переработка молока. — 2003. — № 4. — С. 4–5.
27. Червцов, В. В. Процессы и методы переработки молочной сыворотки [Текст]/В. В. Червцов, Т. А. Яковлева, И. А. Евдокимов и др.//Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 30–32.
28. Зверев, С. В. Ультрафильтрация молока на керамических мембранах [Текст]/С. В. Зверев, В. Б. Новиков, Е. А. Юрова и др.//Переработка молока. — 2009. — № 4. — С. 58–59.
29. Пермяков, А. В. Разработка технологии молочного сахара из соленой сыворотки [Текст]/Дис... к. т. н.: 05.18.04/Пермяков Анатолий Викторович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 127 с.
30. Храмов А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмов Андрей Андреевич. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
31. Смирнов, Е. Р. Разработка технологии кондиционирования молочной сыворотки [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Смирнов Евгений Романович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 132 с.
32. Мельникова, Е. И. Исследование биотехнологического потенциала творожной сыворотки: модификация химического состава, прогнозирование качества и новые технологические решения [Текст]/Дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Мельникова Елена Иваловна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2007. — 458 с.
33. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Дис... докт. техн. наук, Ярославль — Кемерово, 2007.
34. Абдулина, Е. Р. Микрофильтрация молочной сыворотки [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Абдулина Елена Рафаэлевна. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1992. — 184 с.
35. Долниковский, В. И. Исследование концентрирования творожной сыворотки на установке обратного осмоса/Молочная промышленность. [Текст]/Долниковский В. И., Полянский К. К., Шаяхметов А. Ш., Кириллова Л. Г. — 1986. — № 5. — С. 28–30.
36. Розанов, А. А. Исследование процессов производства молочного сахара [Текст] Автореф. канд. дисс., Ленинград, 1953.
37. Нисинман, Ц. С. Совершенствование технологии производства иопитного молока [Текст]/Молочная промышленность. — 1969. — № 6.
38. Нестеренко, П. Г. Деминерализация молочной сыворотки методом ионного обмена. [Текст]/Нестеренко П. Г., Михайлова Н. И. и др.//Тезисы докладов научно практической конференции «Использование молочной сыворотки для производства пищевых продуктов». — Москва, 1992. — с. 20.
39. Бабенышев, С. П. Научно-технические аспекты совершенствования процесса баромембранного разделения жидких высокомолекулярных полидисперсных систем [Текст]/Дис... д-ра техн. наук: 05.18.12/Бабенышев Сергей Петрович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 307 с.
40. Скобелева, Н. В. Использование процессов ультра- и микрофильтрации кисломолочного сгустка и молочной сыворотки на пилотной установке ГНУ ВНИМИ с металлокерамическими мембранами «Trumen» [Текст]/Н. В. Скобелева, Ю. А. Бродский, Г. В. Фридерберг и др.//Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ 75 лет): Сборник научных трудов. — М.: ГНУ ВНИМИ, 2004. — С. 289–299.
41. Калашникова, Л. А. Исследование ультрафильтрационной обработки подсырной сыворотки [Текст]/Л. А. Калашникова, Л. В. Андреевская//Молочная промышленность. — 1976. — № 11. — С. 16–18.
42. Липатов, Н. Н. Информационно-алгоритмические и терминологические аспекты совершенствования качества многокомпонентных продуктов питания специального назначения [Текст]/Н. Н. Липатов, О. И. Башкиров, Л. В. Нескромная//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2002. — № 9. — С. 25–28.

43. Горбатов, А. В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст]/А. В. Горбатов. — М.: Пищевая промышленность, 1991. — 344 с.
44. Аветисов, Р. Заменители цельного и обезжиренного молока в кормлении телят [Текст]/Р. Аветисов//Молочное и мясное скотоводство. — 2002. — № 1. — С. 16–20.
45. Акулова, А. В. Лактулоза в функциональных продуктах питания [Текст]/А. В. Акулова//Пищевая промышленность. — 2001. — № 8. — С. 54.
46. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости газа [Текст]/Л. Г. Лойцянский. — М.: Наука, 1978. — 736 с.
47. Евдокимов, И. А. Баромембранное разделение жидких полидисперсных систем [Текст]/И. А. Евдокимов, С. П. Бабенышев. — Ставрополь, СевКавГТУ, 2007. — 123 с.
48. Гаврилов, Г. Б. Современные аспекты переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 2004. — 160 с.
49. Гаврилов, Г. Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — М.: Издательство Россельхозакадемии, 2006. — 134 с.
50. Рогов, И. А. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов [Текст]/И. А. Рогов, А. В. Горбатов, В. Я. Свинцов. — М.: Агропромиздат, 1991. — 463 с.
51. Дыкало Н. Я. Исследование процесса электродиализного обессоливания молочной сыворотки и разработка технологий получения сухой деминерализованной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Дыкало Николай Яковлевич. — Л.: ЛТИХП, 1979. — 114 с.
52. Донская, Г. А. Иопообменные процессы в переработке молока [Текст]/Г. А. Донская, В. М. Дрожжин//Молочная промышленность. — 2006. — № 7. — С. 50–51.
53. Володин, Д. Н. Разработка технологии молочно-фруктовых напитков с регулируемой кислотностью [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Володин Дмитрий Николаевич. — Ставрополь, СевКавГТУ, 2009. — 143 с.
54. Сергеев, С. Ю. Разработка технологии переработки творожной сыворотки с ультрафильтрацией на аппаратах рулонного типа [Текст]/дис... к. т. н.: 05.18.04 и 05.18.12/Сергеев Сергей Юрьевич. — Ставрополь, СевКавГТУ, 2009. — 138 с.

Глава 8

Структурирование молочной сыворотки

8.1. Общие положения

В настоящей главе рассмотрены вопросы пенообразования, пеноразрушения, коагуляции белков и кристаллизации лактозы (коагуляционно-кристаллизационные структуры) в молочной сыворотке, применительно к конкретике формирования дисперсных систем и сгущенных (концентрированных) продуктов. При этом следует иметь в виду, что процессы денатурации и коагуляции сывороточных белков, а так же кристаллизации лактозы при производстве молочного сахара имеют свою специфику и должны рассматриваться самостоятельно (отдельно).

8.2. Процессы получения и разрушения пенообразных дисперсных систем на основе молочной сыворотки

В системном виде проблема рассмотрена в КемТИПП школой проф. Л. А. Остроумова с приоритетом А. Ю. Просекова [1], который любезно представил ниже изложенные материалы. Следует указать, что пенообразование и пеноразрушение в молочной сыворотке являлось предметом исследований в СевКавГТУ [2, 3, 4, 5]. Результаты были в свое время широко опубликованы и апробированы в отрасли, например, пеногаситель «Афромин» [6]. Этим же процессам, применительно к молочному сыру в целом, посвящены специальные монографии [7, 8].

8.2.1. Теоретические предпосылки пенообразования применительно к молочной сыворотке

Теоретические предпосылки формирования пенообразных дисперсных систем (ПДС) могут быть рассмотрены на основе современных представлений коллоидной химии [9].

Следует отметить особый вклад многих выдающихся ученых нашей страны в постановку и решение проблематики пенообразования, как явления — П. А. Ребиндера, И. Н. Влодавца, А. Д. Зимова, Е. Д. Щукина, Н. Б. Урьева, А. А. Трапезникова, А. В. Думанского, Б. В. Дерягина, А. Шелудко, В. Н. Измайловой, А. А. Абрамзона, П. М. Круглякова и других. Отдельные аспекты теории и практики пенообразования молочного сырья и получаемых из него продуктов рассмотрены в трудах Г. А. Кука, П. А. Ребиндера, И. Н. Влодавца, Н. Н. Липатова, А. П. Белоусова, В. Д. Харитоновой, Ю. Я. Свириденко, Н. Н. Липатова (мл.), Г. В. Твердохлеб, К. К. Полянского, Н. И. Дунченко, В. Д. Суркова, З. С. Зобковой, С. М. Кунижева, И. А. Евдокимова, П. Г. Нестеренко, С. С. Гуляева-Зайцева, *J. R. Brunner, H. Mulder, P. Walstra*, других известных ученых.

Пенообразные дисперсные системы (ПДС) представляют собой дисперсии, состоящие из пузырьков газа, разделенных прослойками жидкости, которые образуются при смешивании жидкости с газом во время ее переработки, транспортировки или при внедрении в нее газа. Дисперсия газа в жидкости, в которой концентрация газа мала, а толщина жидких прослоек сопоставима с размером газовых пузырьков, называется газовой эмульсией, или шаровой пеной [10, 11, 12, 13].

Жидкости способны образовывать пены, состоящие как из пузырьков шарообразной формы (дисперсия воздушных пузырьков), так и из пузырьков, имеющих форму многоугольника и разделенных прослойками жидкости (ячеисто-пленочная пена). После прекращения насыщения жидкости газом во время нахождения системы в покое на поверхности жидкости в результате отстаивания воздушных пузырьков и их соединения друг с другом (коалесценции) постепенно формируется слой ячеисто-пленочной пены. Если скорость этого процесса очень велика, то уже при перемешивании возникающая воздушная дисперсия коалесцирует и образующаяся пена приобретает пленочно-ячеистую структуру [14, 15].

При малой вязкости дисперсионной среды, как это имеет место у молочной сыворотки, ПДС являются короткоживущими. Вследствие большой разности плотностей газа и жидкости они быстро расслаиваются на чистую дисперсионную среду и более концентрированную пену, которая в зависимости от условий (типа и концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ), температуры и т. д.) либо быстро разрушается, либо превращается в полиэдрическую пену. Как исключение, долгоживущие шаровые пены получают из высоковязких жидкостей [16, 17]. Применительно к молочной сыворотке, это, безусловно, концентраты.

Образование устойчивой ПДС в чистой жидкости невозможно. Устойчивые полиэдрические ПДС получают только в присутствии ПАВ. Под действием ПАВ-пенообразователей снижается поверхностное натяжение на границе раздела жидкость-газ, облегчается диспергирование газа и уменьшается размер пузырьков, изменяется режим и скорость их всплывания [18, 19, 20].

Описанные авторами [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27] поверхностные явления имеют место также при создании продуктов с пенообразной структурой, качество которых зависит от интенсивности механического (гидродинамического) воздействия. В формировании пены с заданным составом и свойствами особую роль играют поверхностные явления на границе раздела фаз. С другой стороны, актуальным является вопрос о влиянии различных технологических факторов на качество формируемых ПДС.

Влияние различных технологических факторов и пути их реализации при получении пенообразных масс с заданным составом и свойствами, составляют важную задачу современного этапа развития пищевой промышленности на основе достижений коллоидной химии.

Все положения классической теории пенообразования и ее практическое приложение могут быть распространены на молочную сыворотку, как один из видов молочного лактозосодержащего сырья и полидисперсную биотехнологическую систему.

8.2.2. Взаимосвязь состава молочной сыворотки с ее пенообразующей активностью

А. Ю. Просеков [1, 7] и его последователи [28, 29, 30, 31] системно рассмотрели влияние основных компонентов молочного сырья на пенообразование. Все эти положения можно распространить на молочную сыворотку с корректировкой и сравнительной оценкой по другим видам молочного сырья и их компонентам.

Молочные белки, благодаря присутствию на их поверхности заряженных групп, обладают рядом функциональных свойств и влияют на поведение коллоидной дисперсии молочного сырья, в т. ч. молочной сыворотки, на различных этапах их переработки.

Сывороточные белки при взбивании молочной сыворотки более интенсивно флотируют в межфазную поверхность и удерживаются пленками ПДС, по сравнению с казеином. Это можно объяснить их поверхностно-активными свойствами, которые выражены в большей степени. В целом на процесс пенообразования молочного сырья наибольшее влияние оказывает казеин. Напротив, сывороточные белки не оказывают существенного влияния на формирование воздушных пузырьков.

В этой связи научный и практический интерес имеет оценка способности генетических модификаций казеина к флотации в межфазные структуры при пенообразовании молока. Степень участия различных фракций казеина и сывороточных белков в формировании межфазных пленок ПДС при температуре (1–2)°C показана на диаграмме (рис. 8.1) [1].

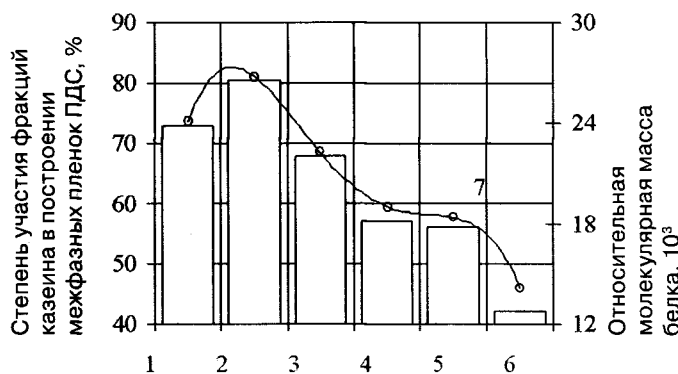


Рис. 8.1. Степень участия генетических модификаций казеина и сывороточных белков в формировании межфазных пленок ПДС: 1 — α_{S1} -казеин; 2 — α_{S2} -казеин; 3 — β -казеин; 4 — κ -казеин; 5 — β -лактоглобулин; 6 — α -лактоальбумин; 7 — относительная молекулярная масса белков

Приведенные на рис. 8.1 данные коррелируют с относительной молекулярной массой казеинов. Увеличение относительной молекулярной массы генетических вариантов казеина является фактором стимулирования пенообразующей активности молока. Данные особенности связаны с комплексом коллоидных и физико-химических особенностей формирования молочных межфазных пленок под воздействием белковых веществ молочного сырья. Раз-

личная степень их участия обусловлена следующими факторами: поверхностной активностью белковых молекул, присутствием в составе полярных и неполярных групп, размерами, гидрофильными свойствами и конкурентоспособностью на межфазной пленке.

Процессы формирования молочных ПДС связаны с образованием адсорбционных слоев и влекут за собой изменение структуры поверхностных свойств белков, обуславливая, тем самым, специфику пенообразования. Воздействуя на белковую фазу молочного сырья, можно направленно изменять ее физико-химические свойства, регулируя пенообразующую активность молочной сыворотки.

В частности, принцип механического вспенивания был реализован творческим коллективом КемТИПП при разработке технологии аэрированных напитков на основе альбуминного молока с брэндом «Альбуминка» [31, 32, 33], а также пенообразных молочно-растительных продуктов [29, 34, 35].

Липидный комплекс молочной сыворотки в плане пенообразования носит прикладной характер. На рис. 8.2 показано влияние молочного жира на пенообразующую способность молочного сырья [1].



Рис. 8.2. Влияние молочного жира на пенообразующую способность молочного сырья: 1 — (1-2) °C; 2 — (20±1) °C; 3 — (40±1) °C; 4 — (50±1) °C

Приведенные на рисунке 8.2 результаты свидетельствуют о том, что с увеличением массовой доли жировой фазы происходит повышение пенообразующей активности молочного сырья. Можно предположить, что во многом процесс формирования ПДС обуславливают фосфолипиды (фосфотидилхолин (лецитин), фосфатидилэтаноламин (кефалин), сфингомиелин), которые содержатся в оболочке жировых шариков. В таблице 8.1 рассмотрено участие фосфолипидов в формировании межфазных пленок ПДС [1].

Таблица 8.1. Изменение содержания фосфолипидов в межфазных пленках ПДС

Фосфолипиды	Массовая доля фосфолипидов в межфазных пленках, $\cdot 10^{-3}$ %, при устойчивости ПДС, %			
	100 (молоко)	75	50	25
Лецитин	12,35	12,98	13,05	15,34
Кефалин	9,26	10,76	12,59	13,57
Сфингомиелин	5,71	6,06	6,58	7,30

В результате разрушения дисперсных структур отмечено перераспределение лецитина, кефалина и сфингомиелина — межфазные пленки содержат повышенное количество этих

веществ. Остаточные концентрации фосфолипидов в молочной подпенной жидкости после частичного синерезиса можно рассчитать, поскольку известны их концентрация в пене и молоке, не подвергнутом взбиванию (данная концентрация аналогична содержанию фосфолипидов в неразрушенной ПДС).

Таким образом, важным критерием в производстве молочных продуктов на основе ПДС, в т. ч. на основе молочной сыворотки, являются дисперсное и агрегатное состояние молочного жира.

Также исследована возможность замены молочного жира на растительные аналоги при получении пенообразных продуктов. Установлено [30] положительное влияние пальмового и подсолнечного жиров на пенообразующие свойства получаемых ПДС. Результаты исследований позволили разработать технологии новых видов комбинированных десертов на основе восстановленного обезжиренного молока [30, 36, 37].

Углеводы молочной сыворотки, прежде всего аномеры лактозы, играют основную роль в формировании молочных ПДС. В результате проведенных исследований [1] было установлено, что лактоза снижает значения пенообразующей способности молочной сыворотки (табл. 8.2) [28].

Таблица 8.2. Влияние лактозы на пенообразующие свойства сыворотки

Показатель	Массовая доля лактозы, %				
	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8
Пенообразующая способность, %	471±22,7	450±21,3	436±20,8	421±19,2	413±18,7
Устойчивость ПДС, %	62±3,1	69±3,3	74±3,7	79±3,8	86±4,3

Увеличение массовой доли лактозы в сыворотке на 8,3% уменьшает значения пенообразующей способности на 12,3%. При этом с повышением массовой доли лактозы увеличиваются значения показателя устойчивости. Для ПДС, полученной из сыворотки, максимальное увеличение устойчивости составляет 27,9%. Подобная роль лактозы в пенообразовании связана с ее гидрофильными и поверхностными свойствами, которые обуславливают ее взаимодействие с другими компонентами молочных жидкостей, а также особенностью ее влияния на формирование межфазных пенных пленок. В целом влияние лактозы на пенообразование необходимо оценивать в совокупности с температурой, поскольку эти два фактора оказывают противоположное влияние на поверхностное натяжение, которое, в свою очередь, играет важную роль в поверхностных явлениях на границе жидкость–газ.

Результаты исследований использованы творческим коллективом КемТИПП при разработке технологии пенообразных масс на основе творожной сыворотки и обезжиренного молока [28, 38]

Дисперсионная среда молочной сыворотки, как сложной полидисперсной системы, в теоретическом плане применительно к процессу формирования ПДС, в совокупности с другими факторами практически еще не изучена. Поэтому до сих пор остается открытым вопрос о механизме формирования пенных пленок и физико-химическая сущность этого явления. В этой связи А. Ю. Просековым предложена модель по оценке роли дисперсионной среды в пенообразовании молочного сырья, которую можно адаптировать к молочной сыворотке.

При этом предполагается, что функции дисперсионной среды обусловлены не только тем, что она является лишь растворителем некоторых веществ, которые при взаимодействии с водой образуют дополнительное количество структурных элементов в молоке (межфазных поверхностей). Дисперсионная среда влияет на протекание процессов фазовых превращений в молочных ПДС, которые отличаются рядом особенностей, обусловленных достижением

равновесия из-за сложного строения каналов Плато–Гиббса, поскольку их структурными элементами являются как белковая, так и жировая фаза со специфическим коллоидным строением.

Для оценки роли плазмы в формировании межфазных поверхностей на основе поверхностного потенциала диполей воды, исходя из анализа имеющихся данных, можно принять следующие допущения [21, 39, 40, 41, 42, 43, 44]:

- ориентированные диполи воды создают сильное поверхностное поле;
- вода имеет мультиплетную модель строения, основанную на жестких дипольных и квадрупольных моментах;
- молекулы воды преимущественно ориентируются атомами кислорода в сторону газовой фазы, что приводит к положительному значению поверхностного потенциала (правило Стиллинджера и Бен-Наима);
- поверхностный потенциал воды составляет 0,1 В; электрокинетический потенциал мицелл казеина составляет минус 47,6 мВ, пара-к-казеина около минус 3,5 мВ; электрокинетический потенциал жировых шариков в среднем около 14 мВ;
- поверхностный потенциал в водно-органических растворах, начиная с определенной величины, является величиной постоянной.

На основе обобщений предложено модель стабилизирующих межфазные пленки ПАВ считать квазикапельной моделью с жидкоподобным ядром, образованным гидрофобными участками межфазной пленки. В случае стабилизации пенных пленок жировой фазой гидрофобными являются глобулы триглицеридов, а при мицеллярном участии гидрофобными являются взаимодействия ассоциированных казеиновых частиц. При этом в силу поверхностного потенциала и мультиплетной модели строения воды возможно максимальное (в соответствии с правилами упаковки) проникновение в чередующиеся слои молекул растворителя (дисперсионной среды), сопровождающееся появлением молекулярных агрегатов из двух, трех и более молекул, участвующих в стабилизации структуры. По мере увеличения числа стабилизирующих молекул дисперсионная среда вытесняется из адсорбционных слоев каналов Плато–Гиббса, повышая тем самым устойчивость дисперсий.

Вода вступает во взаимодействия с компонентами дисперсионной среды, поскольку является сильным полярным растворителем и ослабляет силы взаимного притяжения между противоположно заряженными ионами. Степень участия воды в физико-химических реакциях зависит от показателя ее активности. Взаимосвязь показателя активности воды с пенообразующими характеристиками молока (для примера в плане адаптации к молочной сыворотке) приведена на рис. 8.3.

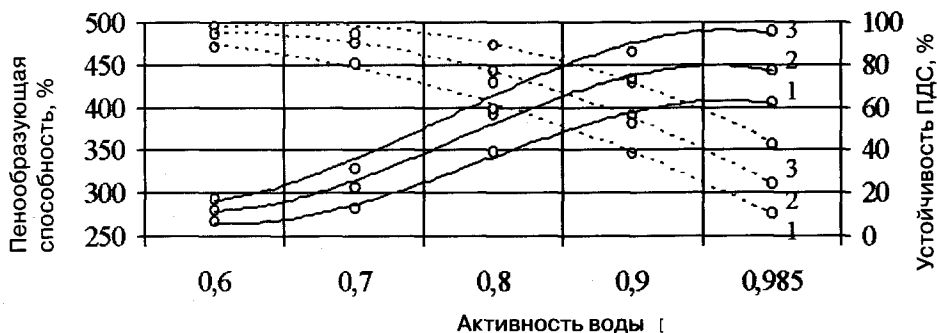


Рис. 8.3. Влияние активности воды на пенообразующую способность (—) восстановленного молока и устойчивость (-----) полученных ПДС: 1 — массовая доля белка 8,0%, 2 — массовая доля белка 10,0%, 3 — массовая доля белка 12,0%

Показатель активности воды представляет собой универсальный параметр, необходимый для контроля качества продукции и позволяющий прогнозировать возможность образования пенообразных структур из молочных объектов, в т. ч. молочной сыворотки, с последующей оценкой их устойчивости.

Активная и титруемая кислотности. С повышением титруемой кислотности отмечено увеличение устойчивости межфазных пленок ПДС, несмотря на то, что значения межфазной поверхности в силу насыщения молока воздухом увеличиваются. Данный фактор устойчивости усиливается образованием мелкодисперсных ПДС, полученных при повышении кислотности молочного сырья (рис. 8.4) [1].

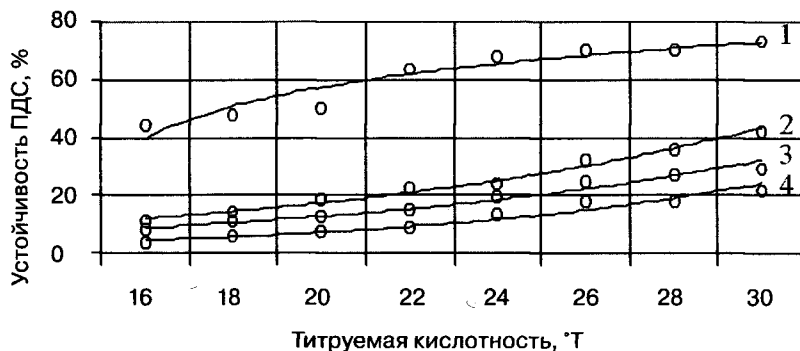


Рис. 8.4. Влияние титруемой кислотности на устойчивость молочных ПДС:
1 — (1–2) °С; 2 — (20±1) °С; 3 — (40±1) °С; 4 — (50±1) °С

С повышением значений титруемой кислотности и увеличением концентрации ионов водорода пенообразующие свойства сыворотки, полученной из молока, усиливаются. Это, вероятно, обусловлено снижением массовой доли лактозы, а также увеличением в системе концентрации органических кислот. С увеличением титруемой кислотности значения устойчивости ПДС на основе сыворотки снижаются (табл. 8.3) [1].

Таблица 8.3. Влияние активной и титруемой кислотности на пенообразующие свойства молочной сыворотки

Кислотность		Пенообразующая способность, %	Устойчивость ПДС, %
титруемая, °Т	активная, рН		
45	5,50	428	80
50	5,36	436	74
55	5,20	445	70
60	5,10	458	66
65	5,04	463	61
70	4,93	472	57
75	4,81	480	51
80	4,70	490	43

Данный факт можно объяснить тем, что с повышением титруемой кислотности возрастает пенообразующая способность и увеличивается площадь межфазной поверхности раздела дисперсионная среда — дисперсная фаза. При этом стабилизирующие свойства межфазных

структур, образованных дисперсионной средой и гидратированными сывороточными белками недостаточны для обеспечения высоких показателей устойчивости ПДС.

Значения активной кислотности 4,6–4,8 в максимальной степени стабилизируют межфазные пленки, несмотря на высокие значения поверхности раздела фаз, которая образуется благодаря максимальной пенообразующей способности. Это явление также можно объяснить существованием поверхностного потенциала на границе вода — газовая фаза (+0,1 мВ), который обеспечивает формирование прочных межфазных структур за счет сил электростатического отталкивания.

8.2.3. Концепция формирования пенообразных дисперсных систем на основе молочной сыворотки

Для понимания особенностей физико-химических процессов, протекающих при образовании дисперсной структуры пены, А. Ю. Просеков предложил обобщенную схему факторов пенообразования (рис. 8.5), которая адаптирована нами к молочной сыворотке [1].

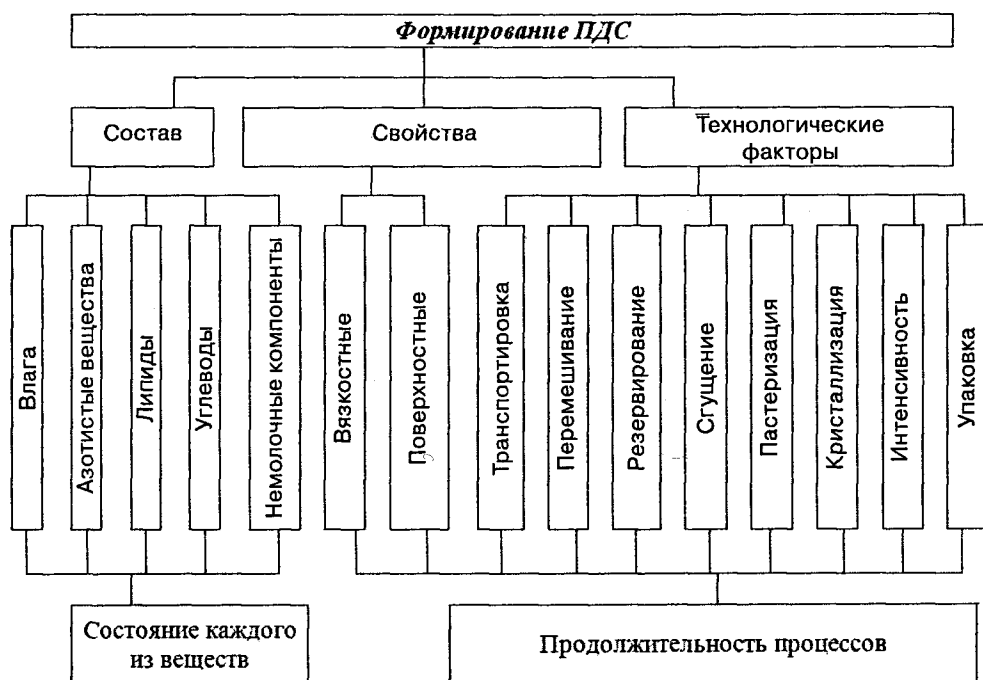


Рис. 8.5. Факторы, участвующие в формировании ПДС молочной сыворотки

Из приведенной схемы можно определить, что наибольшее число факторов, влияющих на процесс пенообразования, связано с внутренними параметрами (исходным составом молочной сыворотки). Этот постулат доказан тем, что основные составные части в молочном сырье (коллоидная белковая фаза, эмульсия жировой фазы и фаза истинного раствора лактозы) оказывают влияние на способность молочной сыворотки к формированию ПДС. Причем, чем лабильнее под действием внешних факторов является подсистема, тем в большей степени она участвует в пенообразовании.

Из физико-химических свойств особое значение имеют поверхностно-активные контакты компонентов дисперсионной среды на границе раздела фаз. Из коллоидных явлений, происходящих в зоне контакта фаз, непосредственно отметим образование адсорбционных пленок и пленок растекания. Для рассматриваемых объектов основная роль в образовании адсорбционной пленки принадлежит белкам, которые в результате насыщения дисперсионной среды воздухом перераспределяются таким образом, что отмечается их повышенная концентрация в адсорбционных слоях.

Важным критерием оценки происходящих в молочной сыворотке коллоидных явлений служит поверхностное натяжение на границе раздела фаз. Дисперсионная среда молочной сыворотки, освобожденная от компонентов, входящих в ее состав, имеет самое высокое значение поверхностного натяжения, что объясняет невозможность ее использования для образования ПДС, а входящие компоненты, образующие из нее самостоятельные фазы, выступают в роли фактора образования и стабилизации межфазных структур не только посредством снижения поверхностного натяжения, но также за счет укрепления межфазных пленок путем сорбции на них в качестве коллоидных ПАВ.

Существуют предельные концентрации компонентов молочных систем, выше которых изменение поверхностного натяжения происходит незначительно [1]. Это свидетельствует о том, что молочная сыворотка способна к образованию пенообразных масс лишь в узкой области концентраций ПАВ, содержащихся в его составе. Это согласуется с принятым в коллоидной химии подходом, характеризующим степень участия химических веществ в образовании адсорбционных слоев и межфазных пленок.

8.2.4. Управление процессом пенообразования в молочной сыворотке

А. Ю. Просеков сформулировал принципы регулирования физико-химических свойств и состава пенообразных дисперсных систем молочной сыворотки [1]. К основным принципам регулирования физико-химических свойств ПДС следует отнести следующие.

1. Использование способа пенообразования, дающего максимально однородную по кратности пену.
2. Получение ПДС с максимально высокой степенью дисперсности и минимальной полидисперсностью, что достигается понижением поверхностного натяжения и гомогенизацией структурных элементов.
3. Получение ПДС по возможности в виде очень тонких слоев с минимальным равновесным давлением в каналах.
4. Использование композиций ПАВ и специальных стабилизирующих систем, способствующих максимальному упрочнению адсорбционных слоев и вязкостных характеристик.
5. Снижение скорости диффузионного переноса газа и связанного с ним укрупнения пузырьков роста и полидисперсности, что достигается введением добавок, понижающих скорость растворения, десорбции и молекулярной диффузии газа, использование в качестве дисперсной фазы газа с малой растворимостью и скоростью диффузии.

Указанные положения позволяют регулировать свойства низкократных ПДС. Принципы регулирования физико-химических свойств высокократных полиэдрических пен основаны на более точных зависимостях. Это обусловлено возможностью поиска точных числовых значений коэффициентов уравнений, описывающих взаимосвязь кратности, дисперсности, равновесной толщины пленок, капиллярного давления, синерезиса и разрыва пленок высокократных ПДС. Наиболее перспективным способом регулирования свойств высокократных ПДС является изменение давления в каналах, дисперсности и поверхностного натяжения исходного раствора.

Управление нежелательным пенообразованием в молочной сыворотке. Одним из последствий механического воздействия на молочную сыворотку является пенообразование.

Сильное вспенивание молочной сыворотки представляет собой крайне нежелательное явление. Основными направлениями регулирования (борьбы) с пенообразованием являются [45, 46, 47, 48]:

- применение антивспенивателей, то есть веществ, которые вытесняют пенообразователь с границы раздела фаз благодаря высокой способности растекаться на жидкостных пленках. При растекании они захватывают слой нижележащей жидкости толщиной около 10 мкм, вследствие чего вызывают разрыв пленок. Антивспениватели — это вещества, малорастворимые в пенящемся растворе, например, силиконы и высшие алифатические спирты, главным образом октанол и трибутилфосфат;
- энергетическое воздействие в форме охлаждения или нагревания, а также воздействие электромагнитных и звуковых волн с достаточно высокой интенсивностью. Однако в случае применения этих способов для разрушения пены, содержащей молочный жир, может возникнуть опасность дезмульгирования;
- механическое удаление пены струей газа с поверхности молока (однако это ведет к снижению его жирности);
- соблюдение технологических режимов производства, при которых не должно наблюдаться турбулентного движения молока в трубопроводах, процесса кавитации при работе насосов, превышение допустимого уровня механических воздействий.

Физические способы борьбы с нежелательным пенообразованием. К физическим методам пеногашения следует отнести не только те, которые предусматривают особое аппаратно-технологическое оформление, управляющее ходом технологических процессов, при которых пенообразование невозможно, но разнообразные электрофизические методы, использование которых, по мнению академика И. А. Рогова, в пищевой промышленности позволяет в ряде случаев по-новому строить технологический процесс [49]. Использование энергетических полей представляет собой сложную научно-техническую задачу (большинство генерирующих устройств имеет сложные конструктивные особенности).

Выбор конкретной технологии пеногашения должен учитывать экономическую эффективность с учетом рационального сочетания их с традиционными технологическими решениями, а также изучении состава и свойств молочных систем, подвергшихся энергетическим воздействиям. Разрушение межфазных слоев под действием ультразвука связано с нагреванием ПДС вследствие поглощения волн в результате теплопроводности.

Перспективы использования поля СВЧ обусловлены его способностью проникать на значительную глубину, независимостью длительности нагрева от заданной температуры, отсутствием контакта обрабатываемого продукта с теплоносителем, высоким коэффициентом полезного действия. В целом для двух рассмотренных методов было установлено, что с повышением интенсивности воздействия поля наблюдались лучшие эффекты пеноразрушения. Однако в целом перспективы практического использования пока ограничены из-за заметного влияния на состав и свойства молочного сырья.

При изучении влияния жидкого азота на устойчивость молочных ПДС была доказана эффективность его использования для борьбы с нежелательным пенообразованием.

Химические способы борьбы с нежелательным пенообразованием. Химические способы пеногашения применительно к молочной сыворотке в большинстве случаев весьма эффективны, а иногда являются единственно приемлемыми [50]. Основным недостатком использования химических пеногасителей является возможность загрязнения исходного сырья и, как следствие, готовых продуктов, а также технологических линий, хотя вводят их в ограниченных количествах, а большинство применяемых веществ-пеногасителей инертно. Для введения химических пеногасителей требуются специальные устройства, а в некоторых случаях необходима предварительная подготовка пеногасителей.

К пеногасителям, применяемым в молочной промышленности, предъявляют следующие требования:

- должны обладать высокой эффективностью, то есть быстро гасить пену в малых концентрациях и длительное время препятствовать образованию новой пены;
- не должны изменять свойств молочных продуктов и затруднять их последующую переработку, не оказывать токсического действия, а также свойства при хранении и технологической обработке;
- должны иметь низкое поверхностное натяжение, а поверхностную активность выше, чем у пенообразователя (молочных белков, липидов);

Для молочной промышленности существуют следующие способы введения пеногасителей в пенящуюся среду: однократное введение перед началом технологического процесса; непрерывная капельная подача в пенящуюся среду; ручная подача в рабочую камеру по мере необходимости при визуальной оценке за ходом процесса или автоматическое введение.

По принципу действия антивспениватели можно разделить на две группы. К первой относятся вещества, принцип пеногасящего действия которых основан на взаимодействии их с пенообразователями, в результате чего образуются нерастворимые или малорастворимые соединения. Чем менее растворимо образующееся соединение, тем более эффективен антивспениватель. Эффективным способом применения антивспенивателей этой группы, при котором достигается ускоренное разрушение ПДС, является подача их в виде пены. К недостаткам антивспенивателей этой группы следует отнести большой расход вещества. Кроме того, образование нерастворимых соединений часто оказывается неприемлемым по условиям производства из-за вероятности загрязнения молока (например, при резервировании, сушке и т.д.).

Ко второй, более многочисленной группе антивспенивателей относятся вещества, химически не взаимодействующие с пенообразователями. Они разрушают пену или предупреждают ее образование в результате развития различных физических процессов. Механизм действия антивспенивателей второй группы более сложен. Их эффективность зависит от их физико-химических параметров, определяющих свойства пенных пленок.

Обычно вещества, эффективные при предупреждении пенообразования, одновременно хорошо разрушают и готовую пену. В то же время многие антивспениватели, эффективно разрушающие пену, при попадании в раствор становятся малоэффективными и не предупреждают образования ПДС. Известно [2, 48], что в качестве пеногасителей в молочной промышленности используют растительные масла и жиры, а также другие продукты переработки масличных культур. В зависимости от состава и свойств объекта пеногашения они по-разному проявляют свои технологические свойства.

Механизм пеногашения в рассматриваемых случаях имеет общую природу, связанную с взаимодействием пеногасителей и веществ, ответственных за пенообразование в конкретной молочной жидкости (жировой или белковой фазы), которые обладают поверхностно-активными свойствами.

В целом полученные результаты доказали перспективность использования химических пеногасителей для борьбы с нежелательным пенообразованием в молочной промышленности. Однако следует констатировать, что только некоторые из растительных масел и жиров обладали удовлетворительными технологическими свойствами. К подобным веществам следует отнести хлопковое масло и пальмовый жир в количестве 1,00–1,50 %. При этом необходимо учитывать свойства жидкостей, подлежащих пеногашению и конкретные условия технологического процесса.

На основе изложенных выше результатов исследований КемТИПП предложены технологии структурированных продуктов на основе молочной сыворотки с диспергированием воздушной среды (пенные структуры — раздел II, глава 19), рецептуры пенообразователей и пеногасителей — раздел IV, глава 22.

8.3. Структурирование концентратов молочной сыворотки

Структурирование в молочной сыворотке с повышенным содержанием сухих веществ (по технологической иерархии — в сгущенной молочной сыворотке) представляет отдельную, весьма интересную проблему. Она являлась предметом исследований как в нашей стране, так и за рубежом. В системном виде вопрос рассмотрен Н. С. Евдокимовым [51] под руководством проф. Л. В. Петровой, которые с особым желанием представили ниже изложенные материалы.

8.3.1. Теоретические предпосылки и научно-технические решения структурирования в концентратах молочной сыворотки

Н. С. Евдокимовым предложена модель получения концентратов молочной сыворотки (КМС), представленная на рис. 8.6 [51, 52].

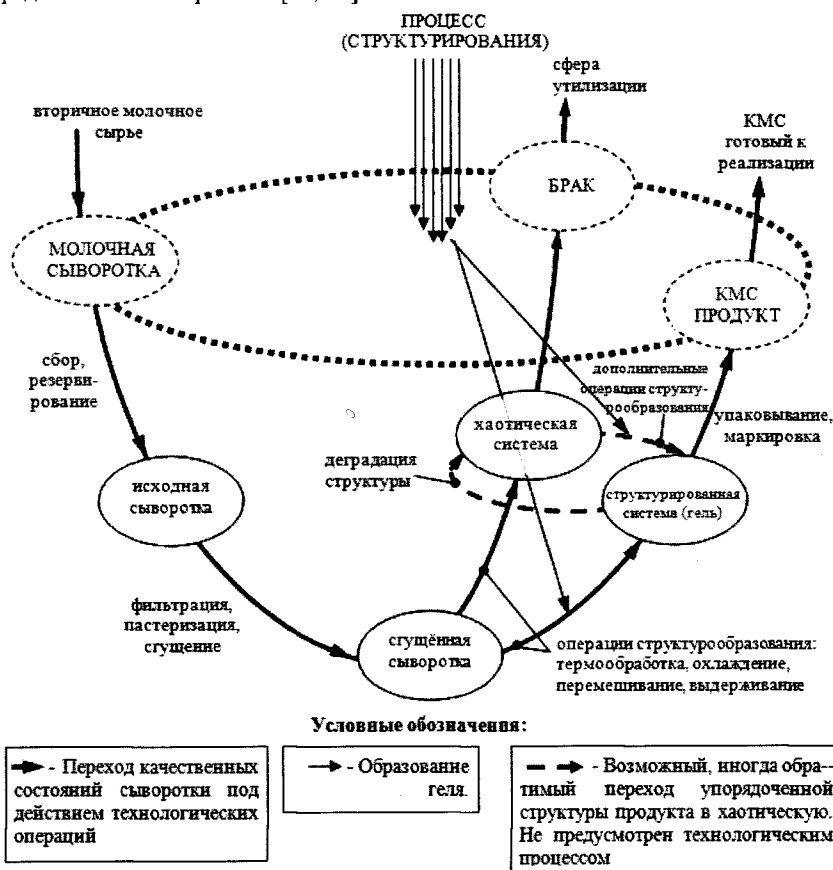


Рис. 8.6. Схема производства КМС, построенная на основе метода категориальных рядов

Для ее реализации применен метод категориальных рядов проф. В. И. Разумова [53]. Схема позволяет выявить ключевые факторы получения КМС, влияющие на качество продукта и определить основные точки контроля на основных стадиях технологического процесса: сбор и резервирование — исходная сыворотка; фильтрация, пастеризация и сгущение — сгущенная сыворотка; структурообразование (термообработка, охлаждение, перемешивание, выдерживание) — структурированная система в случае соответствия продукта запланированным показателям. Завершают процесс упаковывание и маркировка.

Сгущенная сыворотка выступает в роли центрального элемента категориального ряда, до достижения которой, как правило, при производстве концентратов не возникает затруднений на практике, при условии соблюдения требований к качеству исходной сыворотки. Структурирование продукта за счет операций термообработки, охлаждения, перемешивания и выдерживания происходит внутри его массы и остается скрытым вплоть до получения готового геля.

При проведении операций структурообразования эффект остается скрытым вплоть до их завершения: либо образование структурированной системы продукта (гель), либо неструктурированной — хаотической системы. В последнем случае на производстве требуется проведение дополнительных операций структурообразования для попытки перевода хаотической структуры в упорядоченную. В случае неудачи результат определяют как брак. Отсутствие параметров контроля структурообразования снижает его качество, что отражается на получении конечной системы.

Анализ факторов, влияющих на структурирование, позволяет выделить в качестве ключевого механизма формирования структуры КМС процесс гелеобразования. Он обуславливает формирование внутренней пространственной структуры продукта за счет сывороточных белков и лактозы, а, следовательно, определяет направление всего процесса производства КМС и формирования ряда показателей качества.

Структурирование регламентируется температурами нагревания, охлаждения, временем выдерживания при этих температурах, скоростью перемешивания продукта [54]. Соблюдение заданных параметров должно обеспечить надлежащее структурирование. В технологии концентратов молочной сыворотки можно условно выделить основные этапы формирования структуры: сгущение сыворотки, термообработка сгущенной сыворотки, охлаждение и перемешивание, выдерживание продукта.

Для формирования структуры продукта сгущение является подготовительной операцией, определяющей дальнейшее протекание процесса гелеобразования. Операции термообработки, охлаждения и перемешивания определяют сущность процесса структурообразования, и позволяют под действием внешних факторов (температуры и механического воздействия) сформироваться определенной структуре.

Термообработка направлена на изменение основных компонентов сыворотки — белка и лактозы. При этом белок в результате денатурирует, высвобождает химические связи, образуя пространственную сетку геля, а лактоза при охлаждении образует кристаллы, удерживаемые сформированной белком структурой. Эффектом этих двух основных процессов становится формирование системы с определенной структурой. Тип структуры и механические свойства продукта определяют его консистенцию, которая является одним из важнейших показателей качества.

Для получения продукта заданного качества необходимо иметь четкое представление о физико-химических, органолептических и технологических свойствах исходного сырья, о причинах и последствиях их качественных изменений. Свойства сгущенной сыворотки и концентрата по окончании операций структурообразования наиболее полно характеризуют изменения компонентов КМС. Температура термообработки и время выдерживания продукта после охлаждения являются основными факторами, обуславливающими процесс

формирования структуры. В качестве параметра качества концентрата молочной сыворотки может быть использована величина **предельного напряжения сдвига** [51].

Установлено, что при температуре 62–68 °С концентрат молочной сыворотки с массовой долей сухих веществ $(54 \pm 2)\%$ имеет твердообразную структуру, является псевдопластичным телом. При выдерживании продукта при температуре 68 °С величина предельного напряжения сдвига (ПНС) увеличивается: в течение 15–180 минут — от 200 до 330 Па; в течение 12 ч ПНС продукта достигает 350 Па и в дальнейшем стабилизируется.

Процессы возникновения и разрушения структуры сывороточных концентратов происходят во времени. Для управления этими процессами в технологии КМС изучены кинетические закономерности разрушения продукта, определена константа скорости разрушения и энергия активации разрушения. Все оригинальные решения являются «ноу-хау» авторов, запатентованы (подтверждение приоритета и новизны) и реализованы в конкретных нормативных документах с учетом требований ТР на молочную продукцию [51, 55]. На этой методологической и экспериментальной базе предложена математическая модель контроля качества КМС.

8.3.2. Математическая модель контроля качества концентрата молочной сыворотки

Евдокимовым Н. С. разработана контурная диаграмма (рис. 8.7) зависимости жесткости структуры КМС (G) от температуры термообработки и времени выдерживания [51].

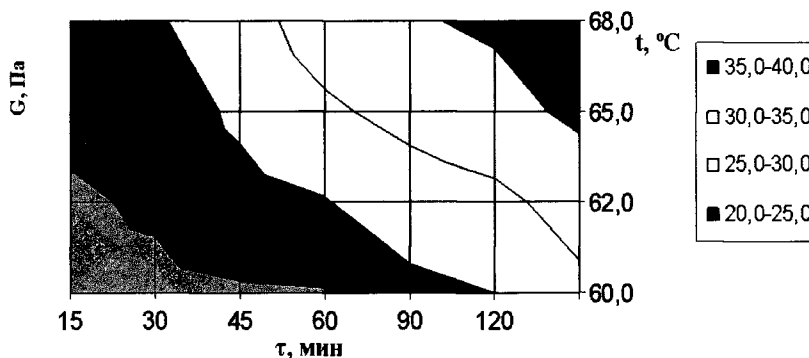


Рис. 8.7. Зависимость жесткости структуры КМС (G) от температуры термообработки и времени выдержки

Анализ контурной диаграммы показывает, что с увеличением времени выдерживания и температуры термообработки жесткость продукта возрастает. Большие значения ПНС, а, следовательно, и жесткости структуры продукта соответствуют более качественному КМС.

По результатам реологических исследований предложена математическая модель, связывающая жесткость структуры и параметры технологического процесса получения продукта: температуру термообработки и время выдерживания после охлаждения. Зависимость имеет вид уравнения:

$$25\tau + 480G + 1232t + 68860 = 0, \quad (8.1)$$

где t — температура термообработки, °С;

τ — время выдерживания КМС после охлаждения, мин;

G — жесткость структуры КМС, Па.

Контурная диаграмма зависимости жесткости структуры продукта от технологических параметров показывает, что принципиально возможно получение продукта с одинаковым значением ПНС при различных температурах термообработки, но длительное время нарастания жесткости при низких (ниже 64 °С) температурах делает такой процесс нецелесообразным. При реализации оптимального режима термообработки — 65–68 °С и времени выдерживания — 180 мин, продукт имеет наибольшую жесткость структуры 35–40 Па [51].

Для оценки степени формирования коагуляционно-кристаллизационной структуры представляют интерес такие показатели, как интенсивность светопропускания КМС, величина поверхностного натяжения и размер кристаллов лактозы.

8.3.3. Интенсивность светопропускания КМС

Значения оптической плотности (D) и интенсивности светопропускания (T) образцов КМС, сгущенной и натуральной сыворотки по отношению к дистиллированной воде представлены в табл. 8.4 [51].

Таблица 8.4. Зависимость оптической плотности и интенсивности светопропускания КМС от режимов термообработки и выдерживания

Образец	Вид обработки образца	Группа опытов			
		I		II	
		Оптическая плотность раствора (D)	Величина интенсивности светопропускания (T), %	Оптическая плотность раствора (D)	Величина интенсивности светопропускания (T), %
Исходная сыворотка	—	0,26	57	0,28	53
Сгущенная сыворотка	Пастеризация, сгущение	0,38	42	0,74	18,5
Термообработка					
	Температура, °С	Выдержка, мин			
№ 1	55	30	0,30	50	0,81
		60	0,35	45	0,80
№ 2	60	30	0,32	49	0,88
		60	0,30	51	0,78
№ 3	65	30	0,34	42	0,92
		60	0,24	59	0,90
№ 4	70	30	0,29	52	0,70
		60	0,17	69	0,80
№ 1	Охлаждение со скоростью 15 °С/ч, $\tau = 180$ мин		0,42	38	0,80
№ 2			0,38	42	0,95
№ 3			0,41	39	0,94
№ 4			0,32	49	0,78

В соответствии с данными, представленными в табл. 8.4, можно констатировать, что при проведении операций структурообразования наблюдаются происходящие конформационные модификации сывороточных белков, о чем свидетельствуют изменения величины T . Величина интенсивности светопропускания, а значит и степень конформационных изменений,

зависит от температуры и продолжительности термообработки. Следовательно, эти факторы определяют протекание процесса гелеобразования в процессе получения КМС и влияют на его качественные характеристики.

Колебания величины интенсивности светопропускания (T) в зависимости от температуры в I и II группе опытов связаны со способностью сывороточных белков, а именно α -лактальбумина к денатурации и ренатурации.

В первой группе экспериментов в готовом КМС из-за высокой кислотности белок коагулировал и выпадал в осадок. В связи с этим величина светопропускания (T) после сгущения уменьшилась с 53 до 42%. Для такого продукта, термообработанного в течение 60 мин, величина T неуклонно возрастала (с 42 до 69%) с увеличением температуры и незначительно уменьшалась после охлаждения продукта. Очевидно, белок в этом случае коагулировал. Кристаллы лактозы, не удерживаемые каркасом геля, под действием гравитационных сил также выпали в осадок.

Во второй группе опытов величина T колебалась в интервале 11–20%. При этом показатель интенсивности светорассеяния сыворотки после сгущения резко уменьшился по сравнению с натуральной сывороткой (с 53 до 18,5% для сгущенной). В ходе дальнейшего структурирования показатель не превышал 17,2%, что свидетельствует о денатурации сывороточных белков и начале образования пространственной структуры КМС. При этом достигается однородность консистенции продукта распределением в пространственной сетке геля КМС кристаллов лактозы.

Максимальной прочности гель достигает при температуре термообработки сгущенной сыворотки 65 °С. При увеличении температуры до 70 °С, вероятнее всего, происходит «плавление геля», что связано с возникновением внутренних напряжений в процессе тепловой денатурации белка. При быстром образовании геля при высокой температуре, возникает каркас трехмерной структуры и вместе с тем продолжается процесс денатурации, поэтому рвутся уже ранее образовавшиеся связи. Подобное явление наблюдали при изучении геля яичного альбумина [56].

Интенсивность светопропускания охлажденных после термообработки проб меньше, чем проб подвергнутых только тепловой обработке в обеих группах экспериментов. Такую закономерность можно объяснить тем, что за время охлаждения часть ранее денатурированных мицелл белка восстанавливает свою структуру, т.е. с течением времени происходит ренатурация белка, которой в большей степени подвержен α -лактальбумин и несколько меньше — β -лактоглобулин.

Увеличение времени хранения исходной сыворотки в нерегулируемых условиях приводит к нарастанию титруемой кислотности, что способствует коагуляции белка и отрицательно сказывается на его способности к структурообразованию [51].

8.3.4. Поверхностное натяжение КМС

Зависимость поверхностного натяжения КМС от температуры представлена на рис. 8.8 [51].

Для рассмотренных образцов она имеет линейный характер. С увеличением температуры поверхностное натяжение более активно снижается для КМС после охлаждения, что связано с увеличением кинетической энергии молекул в граничном слое и уменьшением сил натяжения со стороны молекул дисперсионной среды.

Полученные в работе [51] значения величин поверхностного натяжения КМС выше, чем приведенные в научно-технической литературе: для натуральной сыворотки $\sigma = 40 \cdot 10^{-3}$ мДж/м² (массовая доля сухих веществ 5,8%) и для сгущенной сыворотки (массовая доля сухих веществ 36%) — более 40 мДж/м² [57]. В первом случае разные значения σ можно объяснить концентрированием составных частей КМС по сравнению с натуральной

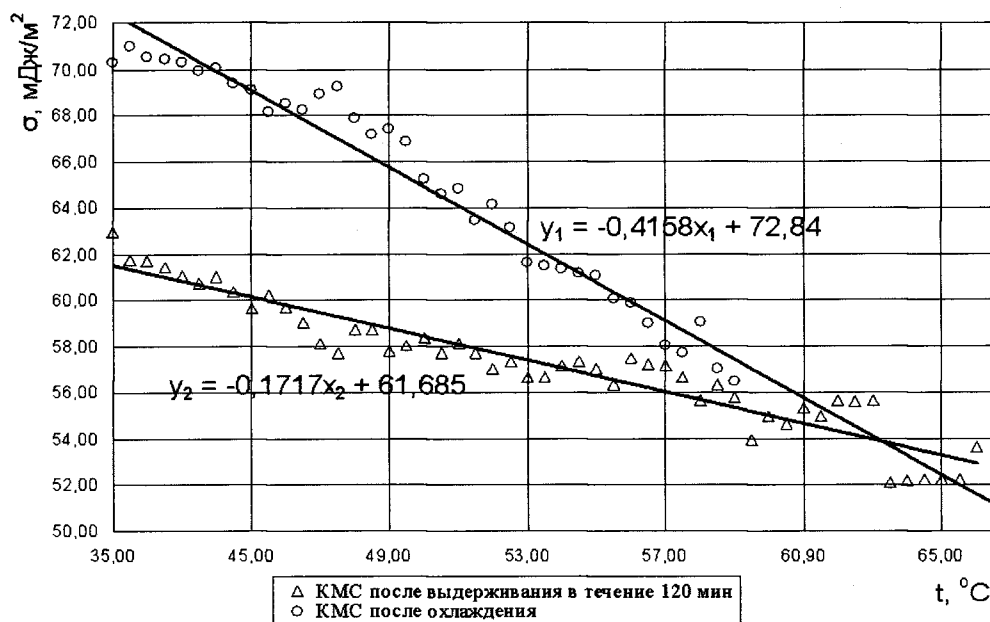


Рис. 8.8. Зависимость поверхностного натяжения КМС от температуры

при сгущении, во втором, вероятно, денатурацией, потерей поверхностной активности и вовлечением молекул сывороточного белка в структурную сетку образующегося геля КМС, чего не наблюдается в сгущенной сыворотке. По-видимому, при структурообразовании удельное количество ПАВ в единице объема КМС по сравнению со сгущенной сывороткой падает, что и влечет за собой снижение поверхностного натяжения.

Проведенные измерения σ образцов КМС, связаны с их нагреванием, которое имеет место на производстве, когда продукт подвергают дополнительному тепловому воздействию для выгрузки его из емкости, где проводили операции структурообразования.

По результатам исследования поверхностного натяжения установлено, что при структурообразовании происходит усиление поверхностно-активных свойств продукта, что приводит к уменьшению величины σ . При увеличении температуры термообработки поверхностное натяжение уменьшается за счет изменения состояния белка.

8.3.5. Размер кристаллов лактозы

Считается [58, 59, 60], что распределение кристаллов лактозы и частиц сухого молока можно адекватно описывать логарифмически-нормальным законом распределения (ЛНЗР). Этим законом описываются экспериментальные ряды, изменение которых связано с большим числом равноценных по своему воздействию факторов. В отличие от нормального закона распределения, для ЛНЗР характерно наличие ассиметрии, которая имеет место на практике при получении КМС — при увеличении размера кристаллов лактозы их количество убывает [57].

Для характеристики ЛНЗР используется ряд показателей: средний диаметр кристаллов, мода, медиана распределения, среднее квадратичное отклонение, дисперсия ЛНЗР и коэффициент вариации распределения для каждого из исследованных продуктов. Результаты измерения количества и размеров кристаллов лактозы, приведены в табл. 8.5.

Таблица 8.5. Количество и размеры кристаллов лактозы в сгущенной сыворотке и КМС

Исследуемое вещество	Размер кристаллов (по длинной грани), мкм	Кол-во кристаллов, шт	Доля кристаллов	Средний размер кристаллов в группе, мкм
Производственный КМС с пороком	До 25	310	0,155	13,0
	26–40	430	0,215	3,0
	41–60	440	0,220	50,5
	61–80	300	0,150	70,5
	81–100	210	0,105	90,5
	101–120	110	0,055	110,5
	121–140	80	0,040	130,5
	141–160	60	0,030	3150,5
	161–180	40	0,020	170,5
	181–200	20	0,010	190,5
Сумма	—	2000	1	—
Сгущенная сыворотка	До 20	100	0,100	10,0
	21–40	420	0,420	30,5
	41–80	250	0,250	60,5
	81–120	80	0,080	100,5
	121–160	60	0,060	140,5
	161–200	30	0,030	180,5
	201–240	25	0,025	220,5
	241–280	20	0,020	260,5
	281–320	15	0,015	300,5
Сумма	—	1000	1	—
КМС ($t_{\text{термобир}}$ 65 °С, время выдержки 120 мин)	До 10	120	0,120	10
	От 11 до 15	300	0,300	13
	16–20	440	0,440	18
	21–25	30	0,030	23
	26–30	25	0,025	28
	31–35	15	0,015	33
	36–40	10	0,010	38
	41–45	12	0,012	43
	46–50	12	0,012	48
	51–55	9	0,009	53
	56–60	7	0,007	58
	61–65	6	0,006	63
	66–70	6	0,006	68
	71–75	5	0,005	73
	76–80	3	0,003	78
Сумма		1000	1	

Размер кристаллов лактозы в исследуемых продуктах колеблется для сгущенной сыворотки от 15 до 320 мкм, для КМС от 10 до 80 мкм и для КМС с пороком от 10 до 200 мкм в то время как в сгущенном молоке этот показатель находится в пределах от 10 до 25 мкм. Размеры кристаллов в готовом КМС, полученном термообработкой при 65 °С и выдержанном после охлаждения в течение 2 ч, в основном соответствуют размерам кристаллов, содержащихся в сгущенном молоке песчанистой консистенции т. к. 89 % из них в таком КМС не превышают 25 мкм.

Количество крупных кристаллов (60–80 мкм) в КМС не превышает 2,7 %. В сгущенной сыворотке размеры кристаллов лактозы значительно больше и достигают 320 мкм, доля кристаллов размером свыше 60 мкм составляет не менее 35 %, а в КМС с пороком консистенции кристаллы такого размера составляют более 40 %. В образце КМС с пороком консистенции распределение кристаллов лактозы приближается к характеристикам сгущенной сыворотки. Средний размер кристаллов такого продукта составляет 63 мкм, что незначительно меньше, чем в сгущенной сыворотке (66 мкм), но значительно больше, чем в образце, структурирование которого вели при 65 °С, охлаждали в течение 3 ч и выдерживали после охлаждения в течение 120 мин ($d_{\text{ср}} = 18$ мкм).

Структура КМС представляет собой многокомпонентную систему, основа которой состоит из переплетающихся пучков развернутых денатурированных молекул сывороточного белка. Эта сетка охватывает и лишает систему текучести и удерживает кристаллы лактозы во взвешенном состоянии, предотвращая их седиментацию. Молекулы воды и прочие компоненты концентрата в той или иной мере связаны с каркасом энергетически (адсорбция, сольватация) [56].

Для обеспечения однородной консистенции готового продукта необходимо стремиться к образованию как можно большего количества кристаллов лактозы с минимальным возможным размером и к равномерному их распределению в объеме продукта. В готовом продукте следует не допускать растворения сформировавшихся кристаллов, для сохранения желаемого качества.

Кристаллизация лактозы в охлажденном концентрате молочной сыворотки, который можно рассматривать в данном случае как пересыщенный раствор лактозы, происходит благодаря переходу в кристаллическую форму α -изомера лактозы в виде моногидрата [61] с температурой 10 °С (конечная температура операции охлаждения). Предельная растворимость в КМС лактозы по окончании охлаждения составляет 13 %.

Процесс кристаллизации лактозы при производстве КМС происходит при проведении операций структурообразования. При этом размеры и количество кристаллов можно регулировать с помощью нескольких технологических приемов [62, 63]: степени пересыщения водного раствора лактозы; скорости охлаждения; механического перемешивания; внесения затравки.

Внесение затравки при производстве КМС не целесообразно, т. к. требует дополнительных трудозатрат и удорожает продукт. Степень пересыщения в данном случае зависит только от температуры, т. к. степень сгущения сыворотки, а значит, и массовая доля лактозы, является постоянной величиной и составляет около 32 % (незначительно варьируется в зависимости от состава исходной сыворотки). Таким образом, практически регулировать кристаллизацию лактозы в КМС можно, изменяя либо скорость охлаждения, либо скорость перемешивания продукта.

С точки зрения процесса кристаллизации лактозы, выдерживание продукта более 2–3 ч по окончании охлаждения (5,5–7,0 ч от начала охлаждения) нецелесообразно. Результаты исследования [51] кристаллизации подтверждают, что такой режим охлаждения обеспечивает стабильную и однородную в массе продукта консистенцию КМС, в отличие от сгущенной молочной сыворотки, в которой допускается выпадение в осадок кристаллов лактозы.

Режим перемешивания по отношению к процессу кристаллизации имеет двойное значение. Во-первых, перемешивание позволяет удерживать кристаллы лактозы во взвешенном состоянии; во-вторых, процесс перемешивания поддерживает незначительный пограничный диффузионный слой молекул возле кристаллов лактозы, что обеспечивает их рост, позволяющий достигнуть оптимальной величины по окончании процесса охлаждения.

При недостаточном перемешивании продукта (скорость вращения мешалки ниже 4 об/мин) возможно расслоение продукта в результате выпадения на дно кристаллов лактозы. Верхний предел интенсивности перемешивания обусловлен необходимостью формирования пространственной структуры белка (гелеобразования). При скорости перемешивания продукта выше 3–4 об/мин образующиеся связи между молекулами белка начнут необратимо механически разрушаться.

Результаты исследования кристаллизации лактозы показали, что для получения однородного по консистенции концентрата молочной сыворотки со стабильной структурой (характерное распределение групп кристаллов по размеру: 10–25 мкм — 89%, 25–60 мкм — 8,3%, 60–80 мкм — 2,7%; средний размер кристаллов не более 18 мкм; количество кристаллов в 1 мм³ продукта — 35300) следует придерживаться следующих параметров технологического процесса [51]:

- термообработка при температуре 65–68 °С;
- охлаждение продукта со скоростью 14–16 °С в ч;
- время охлаждения 3–4 ч.

Полученные результаты явились основой для формирования инновационной технологии концентратов молочной сыворотки, суть которой изложена в разделе III, глава 16.

8.4. Структурирование молочной сыворотки с промежуточной влажностью

Проблема концентратов с промежуточной влажностью рассматривается в плане получения т.н. «блочной молочной сыворотки», которая являлась предметом исследований М.С. Коваленко [64], А.Н. Фиалкова [65] и ВНИИМС [66]. Системные исследования этого вопроса были проведены в нашем творческом коллективе Д.Н. Лодыгиным [67] и его ученицей М.В. Ереминой [68]. Ниже дается краткое изложение их результатов во временной логистике.

8.4.1. Теоретическое обоснование технологии концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью

Обоснование выбора оптимального соотношения компонентов в концентрированной сыворотке с промежуточной влажностью проведено на основе следующих теоретических предположений.

Стушение сыворотки до высоких концентраций сухих веществ (свыше 65%), как показала практика, не дает положительных результатов [64, 69, 70, 71, 72]. Приведенные в данных литературных источниках способы не позволяют регулировать показатель активности воды; в результате структурообразования концентраты приобретают твердую консистенцию. Основные показатели концентратов молочной сыворотки, получаемых по указанным способам, приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.6. Активность воды сывороточных концентратов с высоким содержанием сухих веществ

Способы	Массовая доля сухих веществ, %		Используемый структурообразователь		Активность воды (a_w)
	в сгущенной сыворотке	в готовом продукте	вид	количество, %	
Способ получения концентрата молочной сыворотки по [64, 72]	75,0	91,7	—	—	0,6
Способ по а.с. 1015880 СССР [69]	65–70	90–92	CaCl_2	0,18–0,20	0,6–0,62
Способ по а.с. 1050638 СССР [70]	63–67	88–90	—	—	0,62–0,65

Анализ описанных способов, что, кроме твердой консистенции, получаемые концентраты имеют значения показателя активности воды, при которых развитие реакций неферментативного потемнения протекает с максимальной скоростью [73, 74, 75].

Концентрацию сухих веществ в сгущаемой сыворотке, а также необходимость внесения структурообразователя и его количество обосновывали по показателю активности воды в получаемом продукте, как играющем существенную роль [73, 74, 75, 76].

Зависимость изменения активности воды от влажности концентрированной молочной сыворотки показана на рис. 8.9 [67].

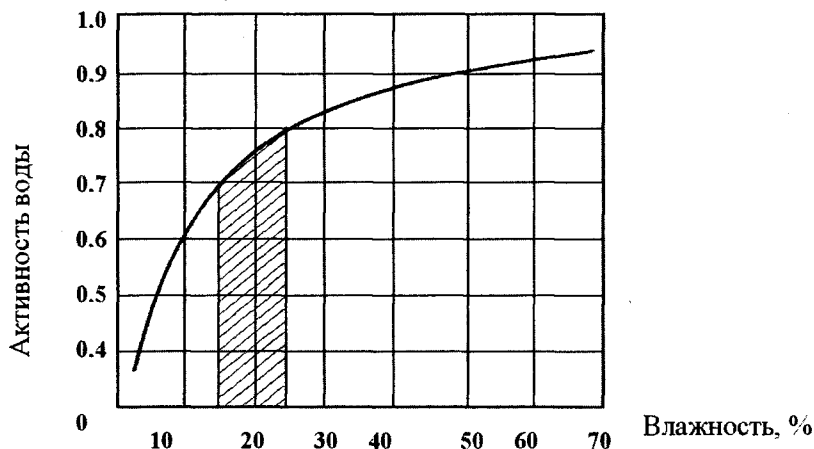


Рис. 8.9. Зависимость активности воды от влажности концентратов молочной сыворотки

Анализируя представленную на рис. 8.9 закономерность можно считать, что для достижения благоприятного интервала значений показателя активности воды $a_w = 0,7–0,8$ влажность концентратов должна находиться в пределах от 14 до 24% (заштрихованная зона). Таким образом, теоретически можно констатировать, что уровень содержания сухих веществ в сгущенных концентратах молочной сыворотки должен соответствовать $(81 \pm 5)\%$.

Достичь этой концентрации в существующих выпарных аппаратах молочной промышленности проблематично. Логичным представляется внесение в сгущенный концентрат молочной сыворотки с оптимальным содержанием сухих веществ наполнителей-структурообразователей, совместимых с маркетинговой составляющей по использованию готового

продукта — пищевые цели, кормовые средства, мед-, ветпрепараты, технические полуфабрикаты. Глобальная цель всех исследований — поиск оптимального соотношения сгущенного сывроточного продукта и наполнителей.

На изложенной выше концептуальной основе была проведена экспериментальная проверка оптимального соотношения компонентов в модельных системах и промышленных образцах [67].

8.4.2. Экспериментальное моделирование соотношения компонентов в концентратах с промежуточной влажностью «молочная сывортка–метилцеллюлоза»

Метилцеллюлоза была выбрана в качестве стабилизатора консистенции предварительно сгущенной молочной сывортки на основе априорной информации. Для проведения эксперимента были использованы модельные образцы концентратов молочной сывортки с массовой долей сухих веществ 58, 60 и 62 % и количеством вносимой метилцеллюлозы 1, 2, 3 и 4 % от массовой доли сгущенной сывортки.

По окончании хранения в течение 6 месяцев в полученных концентратах контролировали показатель активности воды, данные об изменении которого, в зависимости от массовой доли сухих веществ в сгущенной сывортке и количества вносимой метилцеллюлозы, приведены в табл. 8.7 [67].

Таблица 8.7. Изменение показателя активности воды в концентратах

Содержание в концентратах, %		Активность воды (a_w)
Сухих веществ (СВ)	Метилцеллюлозы (МЦ)	
58	1	0,807
	2	0,759
	3	0,727
	4	0,695
60	1	0,792
	2	0,743
	3	0,729
	4	0,681
62	1	0,778
	2	0,739
	3	0,710
	4	0,657

В результате обработки полученной информации по полному факторному эксперименту получены следующие результаты [67]. Анализ значений параметра оптимизации (a_w) показывает, что одновременное понижение или повышение значимых факторов процесса приводит к тому, что параметр оптимизации покидает область оптимальных значений и в первом случае повышается опасность микробиальной порчи продукта, а во втором — развития реакции неферментативного потемнения. Наиболее благоприятными следует признать сочетание значимых факторов, которым соответствует следующие значения:

- массовая доля сухих веществ сгущенной сывортки (СВ) — 60,67 %;
- количество вносимой метилцеллюлозы (МЦ) — 2,0 %.

Следует отметить, что экспериментально полученные значения выходного параметра могут не совпадать с расчетным. По этой причине окончательное заключение об оптимальных сочетаниях СВ и МЦ можно сделать только после детального изучения физико-химических и структурно-механических показателей получаемых концентратов, а также их поведения при хранении.

8.4.3 Физико-химические и структурно-механические показатели концентратов молочной сыворотки с промежуточной влажностью

Формы связи влаги в концентратах определялись [67] в зависимости от массовой доли сухих веществ в сгущенной сыворотке (58, 60 и 62 %) и количества вносимой метилцеллюлозы (от 1 до 4 %) с помощью дифференциального термического анализа (ДТА). Сравнительная оценка дериватограмм концентратов и дериватограммы чистой метилцеллюлозы (рис. 8.10, 8.11 и 8.12) показывает, что метилцеллюлоза не влияет на оценку количества содержания влаги в концентратах, так как она начинает разлагаться с выделением газообразных продуктов при температуре выше 167 °С.

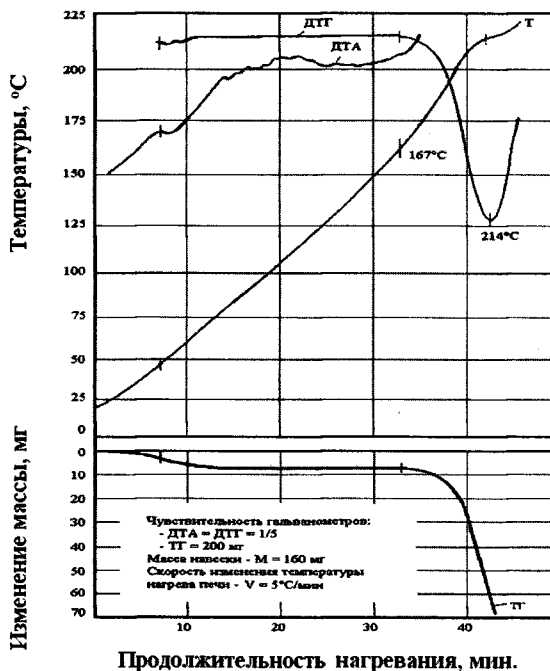


Рис. 8.10. Дериватограмма чистой метилцеллюлозы

Дериватограммы концентратов имеют три характеристические температуры, определяемые пиками эндотермических эффектов, сопровождающих отделение влаги.

Для уточнения количества влаги, связанной в кристаллогидратах α -лактозы и α -D-глюкозы, был проведен анализ углеводного состава концентратов методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Сопоставление результатов исследований, проведенных методами ДТА и ГЖХ, позволяет провести качественную оценку форм связи влаги в концентратах. Данные этого расчета приведены в табл. 8.8.

Таблица 8.8. Качественная оценка форм связи влаги в концентратах

Содержание в концентратах, %		Содержание влаги в концентратах по формам связи, %				
СВ	МЦ	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
Контроль 58	0	30,62	7,11	0,23	4,10	1,51
	1	29,12	8,05	0,23	4,26	1,77
	2	28,23	8,18	0,23	4,57	1,78
	3	27,22	8,30	0,22	5,13	1,81
	4	26,29	8,36	0,22	5,65	1,82
Контроль 60	0	27,20	8,01	0,24	4,77	1,57
	1	25,98	8,47	0,24	4,89	1,93
	2	24,03	8,87	0,23	5,15	1,94
	3	23,61	9,34	0,23	5,80	1,94
	4	22,96	9,48	0,23	5,96	1,92
Контроль 62	0	23,68	8,49	0,25	5,49	1,62
	1	22,82	8,59	0,25	5,99	2,05
	2	21,64	8,91	0,25	6,45	2,06
	3	20,67	8,70	0,25	7,35	2,06
	4	19,94	8,64	0,24	7,91	2,04

Примечание: B_1 — абсолютное количество влаги, удаленной из концентратов при $(85 \pm 3)^\circ\text{C}$; B_2 — абсолютное количество влаги, удаленной из концентратов при $(102 \pm 2)^\circ\text{C}$; B_3 — влага, связанная в кристаллах α -D-глюкозы; B_4 — абсолютное количество влаги, удаленной из концентратов при $(152 \pm 2)^\circ\text{C}$; B_5 — влага, связанная в кристаллах α -лактозы.

Внесение метилцеллюлозы положительно влияет на перегруппировку влаги в сторону связей с более высокими энергетическими уровнями; повышается степень выкристаллизации лактозы в α -форме; снижается содержание свободной влаги в образцах концентратов по мере повышения массовой доли сухих веществ и количества вносимой метилцеллюлозы. Однако внесение метилцеллюлозы выше 3,0% является нецелесообразным.

Активность воды определялась [67] в подсырной сыворотке с массовой долей сухих веществ 58, 60 и 62% и количеством вносимой метилцеллюлозы от 1,0 до 4,0%. Контроль показателя активности воды в испытуемых концентратах осуществлялся на протяжении всего срока хранения (6 мес.). Было предусмотрено хранение образцов в двух вариантах упаковки: герметичной — в полиэтиленовых пакетах, полугерметичной — в ящиках для сливочного масла, с прокладками из пергамента. Изменение активности воды в образцах при хранении по двум вариантам представлено в табл. 8.9.

Таблица 8.9. Зависимость активности воды в концентратах от продолжительности и способа хранения

Содержание в концентратах, %		Показатель активности воды при продолжительности хранения, мес.						
СВ	МЦ	0	1	2	3	4	5	6
1. Концентраты в герметичной упаковке								
Контроль 58	1	0,817	0,812	0,810	0,808	0,807	0,807	0,806
	2	0,768	0,764	0,762	0,760	0,759	0,758	0,759
	3	0,735	0,731	0,729	0,728	0,727	0,727	0,727
	4	0,702	0,699	0,697	0,696	0,695	0,694	0,695

Окончание табл. 8.9

Содержание в концентратах, %		Показатель активности воды при продолжительности хранения, мес.						
Контроль 60	1	0,801	0,797	0,795	0,794	0,793	0,792	0,792
	2	0,755	0,752	0,750	0,748	0,743	0,742	0,743
	3	0,736	0,733	0,732	0,731	0,730	0,730	0,729
	4	0,690	0,687	0,685	0,683	0,682	0,681	0,681
Контроль 62	1	0,786	0,782	0,780	0,779	0,778	0,777	0,778
	2	0,745	0,743	0,742	0,741	0,740	0,739	0,739
	3	0,717	0,714	0,712	0,711	0,710	0,710	0,710
	4	0,665	0,662	0,660	0,659	0,658	0,658	0,657
2. Концентраты в полугерметичной упаковке								
Контроль 58	1	0,817	0,810	0,807	0,806	0,805	0,804	0,805
	2	0,768	0,760	0,757	0,756	0,755	0,755	0,754
	3	0,735	0,728	0,726	0,725	0,725	0,724	0,725
	4	0,702	0,696	0,694	0,694	0,694	0,693	0,693
Контроль 60	1	0,801	0,792	0,789	0,787	0,786	0,785	0,785
	2	0,755	0,748	0,746	0,745	0,744	0,743	0,744
	3	0,736	0,730	0,728	0,727	0,727	0,727	0,726
	4	0,690	0,684	0,682	0,681	0,681	0,680	0,681
Контроль 62	1	0,786	0,779	0,776	0,774	0,773	0,772	0,772
	2	0,745	0,739	0,736	0,735	0,735	0,734	0,735
	3	0,717	0,711	0,710	0,709	0,708	0,707	0,708
	4	0,665	0,660	0,659	0,658	0,658	0,659	0,658

Хранение концентратов при обоих вариантах упаковки сопровождается уменьшением показателя активности воды, которое происходит наиболее интенсивно в первые 3 месяца хранения.

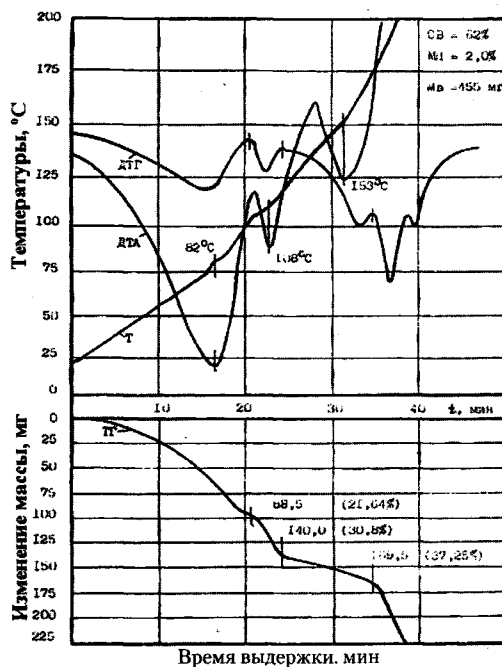


Рис. 8.11. Дериватограмма сгущенной молочной сыворотки с массовой долей сухих веществ 62% и дозой внесения МЦ 2%

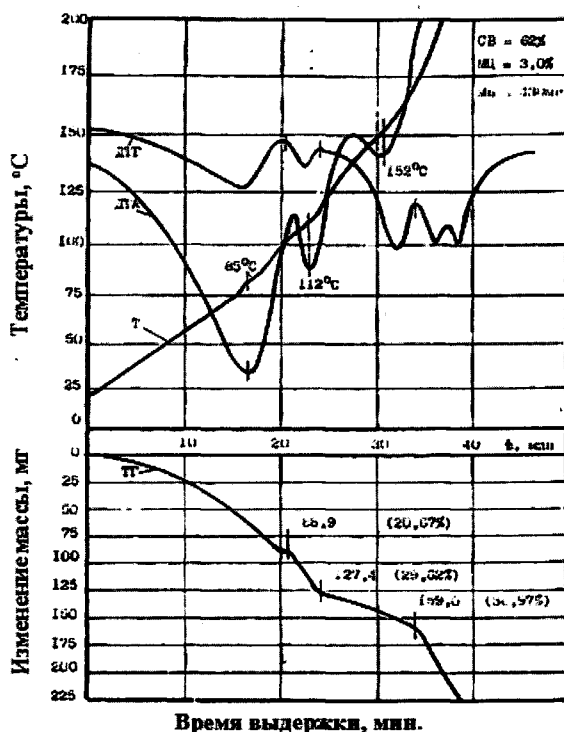


Рис. 8.12. Дериватограмма сгущенной молочной сыворотки с массовой долей сухих веществ 62% и дозой внесения МЦ 3%

нения. Если для первой группы образцов эти изменения можно объяснить только нарастанием осмотического давления, то для второй группы отмечается также естественная усушка продукта, в результате которой происходит потеря массы от 3,0 до 5,0% (большие значения для концентратов с более низким содержанием СВ и меньшим количеством вносимой МЦ).

Внесение метилцеллюлозы в количестве 4,0% от массы сгущенной сыворотки во всех концентратах приводит к понижению уровня активности воды ниже 0,7, что создает опасность развития реакций неферментативного потемнения. Концентраты с массовой долей СВ 58 и 60% и количеством вносимой МЦ 1,0% имеют показатель активности воды близкий или превышающий значения 0,8, что повышает вероятность развития плесеней в продукте. Все концентраты с количеством вносимой метилцеллюлозы 2 и 3% имеют показатель активности воды, близкий к оптимальному $a_w = 0,75$. Из них наиболее стабильны при хранении концентраты с массовой долей сухих веществ 60%. Это относится к обоим вариантам упаковки, но хранение в герметичной упаковке (анаэробные условия) является предпочтительным.

Влияние активной кислотности в концентратах в процессе хранения. Оценка стойкости продуктов с промежуточной влажностью только по показателю a_w не совершенна и при производстве таких продуктов целесообразно применять комплексную оценку a_w и pH [74, 75, 77].

Оценка показателя pH производилась [67] непосредственным измерением в готовом продукте на протяжении всего срока хранения и в исходной сгущенной сыворотке. Проведенные исследования показали, что величина активной кислотности в испытуемых концентратах на протяжении всего срока хранения изменяется незначительно. Средние значения показателя

теля pH с максимальными отклонениями в зависимости от количества вносимой метилцеллюлозы приведены в табл. 8.10.

Таблица 8.10. Изменение активной кислотности в зависимости от количества вносимой метилцеллюлозы

Содержание СВ в концентра-тах, %	Значение pH при содержании метилцеллюлозы, %				
	0	1,0	2,0	3,0	4,0
58	5,55 ± 0,1	5,75 ± 0,1	5,80 ± 0,1	6,05 ± 0,1	6,20 ± 0,1
60	5,45 ± 0,1	5,55 ± 0,1	5,65 ± 0,1	5,75 ± 0,1	5,90 ± 0,1
62	5,25 ± 0,1	5,45 ± 0,1	5,50 ± 0,1	5,70 ± 0,1	5,85 ± 0,1

Повышение количества вносимой метилцеллюлозы приводит к увеличению показателя pH, что в целом является отрицательным. Известно, что для подавления роста микроорганизмов продукты с промежуточной влажностью должны иметь pH ниже 5,5, а a_w , по возможности, ниже 0,85 [74, 75].

Принимая наиболее благоприятные сочетания массовой доли сухих веществ и количества вносимой метилцеллюлозы соответственно (в%) 60 и 2, 60 и 3, 62 и 2, для предотвращения возможности вторичного обсеменения и исключения микробиальной порчи целесообразно производить тепловую обработку смеси и хранить продукт в герметичной таре. Увеличение pH также ведет к возрастанию скорости реакций неферментативного потемнения. Однако в интервале значений pH 5,0–6,0 эти реакции протекают медленно [74] и выбранное сочетание массовой доли сухих веществ и метилцеллюлозы в концентратах с точки зрения биохимической стойкости является благоприятным.

На основании оптимизированных параметров разработана технология концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью, которая излагается в разделе III, глава 16.

Продолжение исследований в данном направлении [74] было сосредоточено на поиске вариантов формирования продуктов функционального назначения с промежуточной влажностью из молочной сыворотки, обогащенной лактулозой и гидролизатами сывороточных белков. В качестве наполнителя-структурообразователя кроме метилцеллюлозы применялся крахмал [78, 79, 80]. Порог концентрирования молочной сыворотки был снижен до минимума.

8.4.4. Структурообразование в бифидогенных сывороточных концентратах

Экспериментально обоснована технология получения бифидогенных концентратов с промежуточной влажностью на основе использования Na-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) и модифицированного крахмала (МК). Для установления влияния дозы внесения стабилизаторов консистенции на показатель активности воды и реологические характеристики бифидогенных концентратов использовали образцы с массовой долей сухих веществ 5,5; 20; 25; 30; 35 и 40%. В качестве стабилизаторов использовали Na-КМЦ и МК. Доза внесения стабилизаторов составляла (1–4)%. Основными физико-химическими показателями бифидогенных концентратов являлись: температура заморозания, осмотическое давление, активность воды и динамическая вязкость. Изменение активности воды в ходе эксперимента показано на рис. 8.13 и 8.14.

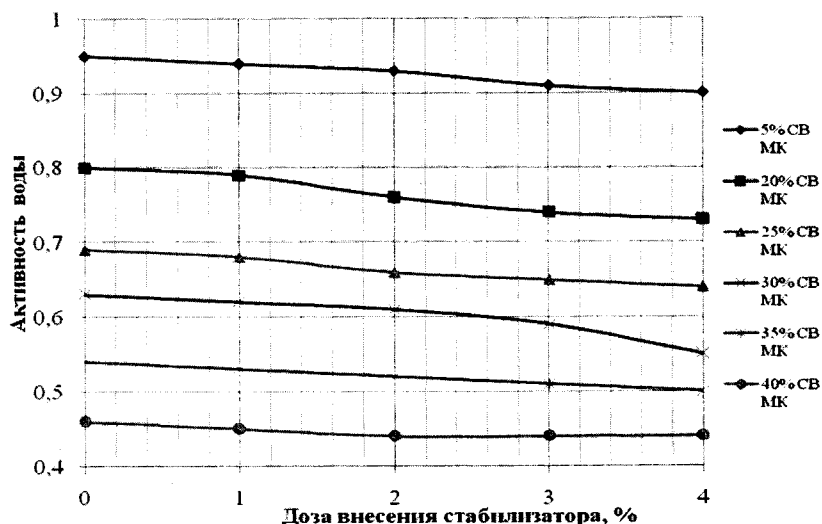


Рис. 8.13. Зависимость активности воды от дозы внесения МК в концентратах с различным содержанием сухих веществ

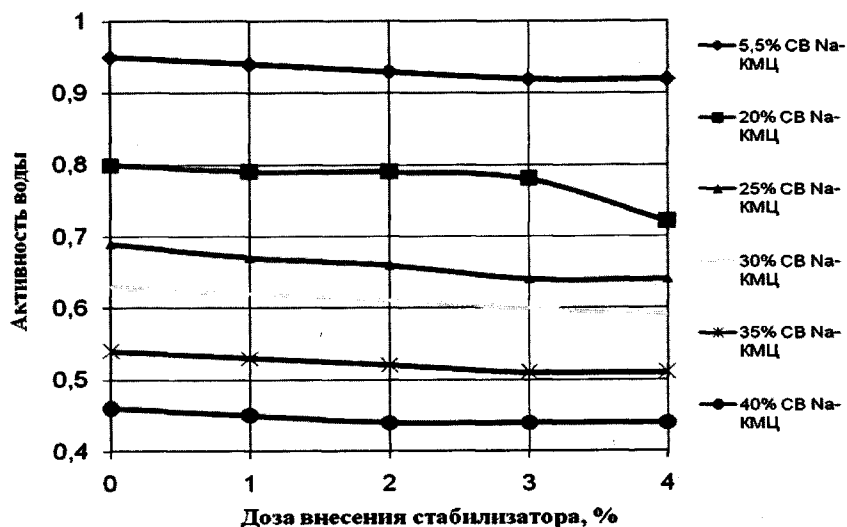


Рис. 8.14. Зависимость активности воды от дозы внесения Na-КМЦ в концентратах с различным содержанием сухих веществ

Минимальные значения показателя активности воды наблюдаются для образцов с массовой долей сухих веществ 40 % при дозе внесения стабилизатора 2 %. При дальнейшем увеличении дозы стабилизаторов показатель активности воды уменьшается не значительно.

Образцы бифидогенных концентратов с массовой долей сухих веществ (20–40) % приобретают стабильную консистенцию при дозах внесения стабилизаторов (2–2,5) %. Увеличение

дозы внесения стабилизатора относительно указанных значений вызывает гелеобразование, что затрудняет фасовку концентратов.

Для жидких концентратов с массовой долей сухих веществ 5,5% вне зависимости от дозы и вида вносимого стабилизатора получены значения активности воды, благоприятные для развития вегетативных форм микроорганизмов. Концентраты с массовой долей сухих веществ 20% характеризуются значениями a_w , которые обеспечивают подавление роста вегетативных форм бактерий и частично дрожжей. При значениях концентрации сухих веществ не менее 30% и дозах внесения стабилизаторов (3–4)% создаются неблагоприятные условия для развития вегетативных и споровых форм бактерий, а также большинства дрожжей и плесневых грибов.

Следовательно, при разработке технологии бифидогенных концентратов с использованием стабилизаторов консистенции может быть рекомендовано внесение Na-КМЦ и МК в количестве (2–2,5)% от массы молочной сыворотки с массовой долей сухих веществ (20–40)%. При этом за счет связывания большей части свободной влаги, создаются благоприятные условия для стабилизации консистенции продукта, повышается осмотическое давление и понижается активность воды. Такие качественные изменения физико-химических свойств и структуры продукта позволяют повысить его стойкость при хранении за счет снижения вероятности или предотвращения микробной и биохимической порчи.

На данной экспериментальной базе, с учетом изомеризации лактозы и гидролиза сывороточных белков (глава 13), предложена линейка бифидогенных концентратов с проежutoчной влажностью, технология которых приведена в разделе III, глава 16.

В целом проблема получения «блочной молочной сыворотки» ждет своего практического воплощения в виде «блоков-лизунцов» и «кирпичей для складирования». Хотелось бы надеяться, что мой докторант Д. Н. Лодыгин с присущим ему мастерством реализует проблему в системном виде — в рукописи диссертации и на практике, особенно для фермерских хозяйств и в условиях кризисных явлений молочного дела.

8.5. Резюме по главе 8

Многогранная проблема структурирования молочной сыворотки в нативном виде и ее концентратов представляет практический интерес в различных аспектах. Пенообразование дает оригинальные структуры, которые нашли свое применение в продуктах питания и напитках. Направленное и управляемое пеноразрушение имеет практическую составляющую, особенно при сгущении молочной сыворотки. Образование коагуляционно-кристаллизационных структур в сгущенных концентратах дает линейку оригинальных продуктов. И, наконец, безусловно, особый интерес имеют блочные продукты на основе детерминированной молочной сыворотки и наполнителей. Например, в качестве оригинального решения видится возможность синтеза на основе структурирования продуктов типа огурцов, блоков-лизунцов и «кирпичей» с неограниченным сроком хранения. В целом проблема и принципы структурирования молочных продуктов, в аспекте технологии получения с обеспечением качества, рассмотрена Н. И. Дунченко [81].

8.6. Литература к главе 8

1. Просеков, А. Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенообразных дисперсных систем [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Просеков Александр Юрьевич. — Кемерово, 2004. — С. 406.
2. Оверченко И. В. Пенообразование и пеноразрушение при сгущении молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Оверченко Ирина Владимировна. — Москва, 1991. — 150 с.
3. Варданын, Г. С. Малоотходная технология рафинированного молочного сахара [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Варданын Грачик Самвелович. — Москва, 1987. — 150 с.
4. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов Иван Алексеевич. — Москва, 1998. — 204 с.
5. Нестеренко, П. Г. Научно-технические основы технологии сгущенных сывороточных концентратов [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Нестеренко Павел Григорьевич. — Москва, 1994. — 229 с.
6. Храмцов, А. Г. Пенообразование и пеногашение в молочной промышленности [Текст]/А. Г. Храмцов, И. В. Москаленко, И. А. Евдокимов и др.//Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1990. — 28 с.
7. Просеков, А. Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой [Текст]/А. Ю. Просеков. — Кемерово, 2001. — 172 с.
8. Уманский М. С., Просеков А. Ю. Научные и практические аспекты пенообразования молока и молочных продуктов [Текст]/М. С. Уманский, А. Ю. Просеков, Барнаул, 2002. — 350 с.
9. Абрамзон, А. А. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: Справочник [Текст]/А. А. Абрамзон — Л.: Химия, 1984. — 215 с.
10. Думанский, А. В. Избранные труды: Коллоидная химия [Текст]/А. В. Думанский. — Воронеж: Издательство ВГУ, 1990. — 344 с.
11. Ребиндер, П. А. Избранные труды. Т. 1 и 2. [Текст]/П. А. Ребиндер. — М.: Наука, 1978. — 1979.
12. Тихомиров, В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. [Текст]/В. К. Тихомиров. — М.: Химия, 1983. — 264 с.
13. Шелудко, А. Коллоидная химия: Пер. с болг. — 2-е изд., перераб. и доп. [Текст]/А. Шелудко. — М.: Мир, 1984. — 320 с.
14. Кругляков, П. М. Пена и пенные пленки [Текст]/П. М. Кругляков, Д. Р. Ексерова. — М.: Химия, 1990. — 432 с.
15. Ребиндер, П. А. Поверхностные и объемные свойства растворов поверхностно-активных веществ [Текст]/П. А. Ребиндер//Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. — 1962. — Т. 11. — Выпуск 4. — С. 362–369.
16. Дерягин, Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок [Текст]/Б. В. Дерягин//Доклады АН СССР. — М.: Наука, 1986. — 204 с.
17. Духин, С. С. Коагуляция и динамика тонких пленок [Текст]/С. С. Духин, Н. Н. Гулёв, Д. С. Дмитров. — Киев: Наукова думка, 1986. — 232 с.
18. Малахова, А. Я. Практикум по физической и коллоидной химии [Текст]/А. Я. Малахова. — Минск: Высшая школа, 1974. — 336 с.
19. Тарат, Э. Я. Пенный режим и пенные аппараты [Текст]/Э. Я. Тарат, И. П. Мухлёнов, А. Ф. Туболкин, Е. С. Тумаркина. — М.: Химия, 1977. — 304 с.
20. Перепелкин, К. Е. Газовые эмульсии [Текст]/К. Е. Перепелкин, В. С. Матвеев — Л.: Химия. 1979. — 198 с.
21. Белоусов, А. П. Исследование физико-химических процессов в производстве сливочного масла [Текст]/А. П. Белоусов: Дис... докт. техн. наук в форме научного доклада. — М., 1972. — 82 с.
22. Дерягин, Б. В. Об эффективной величине угла натекания при пропитке пористых тел и методике его оценки [Текст]/Б. В. Дерягин, М. К. Мельникова, В. И. Крылова//Коллоидный журнал. — 1952. — Выпуск 6. — С. 423–427.
23. Ребиндер, П. А. К физике пен и эмульсий [Текст]/П. А. Ребиндер, Е. К. Венстем//Журнал физической химии. — 1931. — Т. 2. — Выпуск 5–6. — С. 754–763.
24. Урьев, Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы [Текст]/Н. Б. Урьев. — М.: Химия, 1980. — 319 с.
25. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]/Ю. Г. Фролов. — М.: Химия, 1982. — 400 с.
26. Чураев, Н. В. Развитие и исследование поверхностных сил [Текст]/Н. В. Чураев//Коллоидный журнал. — 2002. — Т. 62. — № 5. — С. 581–589.

27. Мазурина, Е. А. Явление индуцированного коллапса в процессе формирования альтернативных пленок Лепсгюра-Блуджет [Текст]/Е. А. Мазурина, И. В. Мягков, В. Р. Новак, В. В. Беляев//Коллоидный журнал, 2002. — Т. 65. — № 3. — С. 381–386.
28. Генералов, Д. С. Исследование особенностей формирования пенообразных масс на сонове творожной сыворотки и обезжиренного молока [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Генералов Денис Сергеевич. — Кемерово, 2003. — 155 с.
29. Баканова, О. А. Исследование и разработка технологии пенообразных молочно-растительных продуктов [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Баканова Оксана Александровна. — Кемерово, 2006. — 108 с.
30. Строева, Е. В. Разработка и исследование технологии молочных продуктов на основе газожидкостных дисперсных систем [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Строева Елена Владимировна. — Кемерово, 2006. — 102 с.
31. Кулинчик, И. Г. Исследование пневматического вспенивателя и разработка технологии аэрированного альбуминового напитка [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Кулинчик Ирина Геннадьевна. — Кемерово, 2008. — 116 с.
32. Остроумова, Т. Л. Белковый продукт из вторичного молочного сырья [Текст]/Т. Л. Остроумова, И. Г. Кулинчик, Н. А. Папасенко//Молочная промышленность. — 2007. — № 2. — С. 54.
33. Остроумова, Т. Л. Теплофизические свойства белковых концентратов [Текст]/Т. Л. Остроумова, А. Г. Галстян, И. Ю. Трифонов и др.//Молочная промышленность. — 2007. — № 2. — С. 54.
34. Баканова, О. А. Влияние способа внесения растительного сырья на закономерности формирования молочных газожидкостных дисперсных систем [Текст]/О. А. Баканова//Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: Сборник научных работ. — Кемерово: КемТИПП, 2005. — С. 21–23.
35. Баканова, О. А. Сравнительная оценка способов пеногенерирования [Текст]/О. А. Баканова, Т. Л. Остроумова, А. Ю. Просеков//Техника и технология пищевых производств: Сборник научных работ. — Кемерово: КемТИПП, 2006. — С. 8–13.
36. Иванец, Г. Е. Исследование пенообразующих свойств молока при обработке его в роторно-пульсационном аппарате [Текст]/Г. Е. Иванец, Е. В. Строева, Е. А. Строева//Известия вузов. Пищевая технология. — 2006. — № 1. — С. 72–73.
37. Остроумова, Т. Л. Закономерности структурообразования дисперсной системы [Текст]/Т. Л. Остроумова, С. Е. Дмитриева, А. Ю. Просеков, Е. А. Строева//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2006. — № 7. — С. 19–21.
38. Просеков, А. Ю. Влияние некоторых факторов на пенообразующие свойства обезжиренного молока и творожной сыворотки [Текст]/А. Ю. Просеков, Д. С. Генералов//Пищевая промышленность. — 2002. — № 6. — С. 40–41.
39. Березов, Т. В. Биоорганическая химия [Текст]/Т. В. Березов, Б. Ф. Коровкин. — М.: Медицина, 1990. — 380 с.
40. Бертнев, Г. М. Физика и механика полимеров [Текст]/Г. М. Бертнев, Ю. В. Зеленов. — М.: Высшая школа, 1983. — 390 с.
41. Дерягин, Б. В. Вода в дисперсных системах [Текст]/Б. В. Дерягин, Н. В. Чураев, Ф. Д. Овчаренко и др. — М.: Химия, 1989. — 288 с.
42. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии [Текст]/С. С. Воюцкий. — М.: Химия, 1975. — 512 с.
43. Думанский, А. В. Лиофильность дисперсных систем [Текст]/А. В. Думанский. — Киев: АН УССР, 1960. — 212 с.
44. Овчинников, Е. А. Биоорганическая химия [Текст]/Е. А. Овчинников. — М.: Просвещение, 1987. — 815 с.
45. Юрьева, С. Ю. Исследование и разработка способа борьбы с нежелательным пенообразованием в молочной промышленности [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Юрьева Светлана Юрьевна. — Кемерово, 2003. — 110 с.
46. Просеков, А. Ю. Нежелательное пенообразование в молочной промышленности и методы борьбы с ним [Текст]/А. Ю. Просеков, С. Ю. Юрьева//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2002. — № 5. — С. 35–37.
47. Просеков, А. Ю. Физико-химические аспекты пеногашения молочных пен растительными триглицеридами [Текст]/А. Ю. Просеков, С. Ю. Юрьева, А. М. Мирошников//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 5. — С. 36–39.
48. Просеков, А. Ю. Анализ физико-химических закономерностей пеногашения в молочных газожидкостных системах [Текст]/А. Ю. Просеков, С. Ю. Юрьева, А. М. Мирошников//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 7. — С. 32–35.

49. Рогов, И. А. Физические методы обработки пищевых продуктов [Текст]/И. А. Рогов, А. В. Горбатов. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 583 с.
50. Виестур, У. Э. Способы и устройства для пеногашения в микробиологических процессах: Обзорная информация [Текст]/У. Э. Виестур, М. Ж. Кристансонс, Н. С. Долглицер. — М.: ОНТИТЭИмикробиопром, 1973. — 120 с.
51. Евдокимов, Н. С. Совершенствование технологии концентрата молочный сыворотки на основе использования методов инженерной реологии [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов Никита Сергеевич. — Улан-Удэ, 2008. — 142 с.
52. Евдокимов, Н. С. Изучение влияния температурного воздействия на структурирование концентрата молочной сыворотки [Текст]/Н. С. Евдокимов, Л. В. Петрова//Хранение и переработка сельхозсырья. — 2008. — № 4. — С. 10–12.
53. Разумов, В. И. Категориально-системная методология в подготовке учёных: учебное пособие [Текст]/В. И. Разумов, вст.ст. А. Г. Теслинова. — Омск: изд-во ОмГУ, 2004. — С. 217–247.
54. Пат. 2144774 Российская Федерация, МПК А 23 С 21/00, 1/00. Способ получения молочной сыворотки в гранулах/Попова И. Д. [и др.]; заявитель и патентообладатель Гос. учреждение Всерос. науч.-техн. ин-т молоч. пром-сти — № 99104249/13; заявл. 03.03.1999; опубл. 27.01.2000, Бюл. № 3. — 4 с.
55. Евдокимов, Н. С. Качество концентрата молочной сыворотки [Текст]/Н. С. Евдокимов, Л. В. Петрова, Н. А. Драгун//Переработка молока. — 2005. — № 1. — С. 26–27.
56. Измайлова, В. Н. Структурирование в белковых системах [Текст]/В. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. — М.: Наука, 1974. — 295 с.
57. Косой, В. Д. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики [Текст]/В. Д. Косой, М. Ю. Меркулов, С. Б. Юдина — СПб.: ГИОРД, 2005. — 208 с.
58. Липатов, Н. Н. Сухое молоко [Текст]/Н. Н. Липатов, В. Д. Харитонов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 264 с.
59. Лисин, П. А. Дисперсность сухих молочных продуктов: монография [Текст]/П. А. Лисин, С. А. Воловик, Е. Д. Гаков. — Омск: Вариант-Сибирь, 2004. — 120 с.
60. Полянский, К. К. Кристаллизация лактозы: физико-химические основы [Текст]/К. К. Полянский, А. Г. Шестов. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. — 184 с.
61. Чекулаева, Л. В. Сгущённые молочные консервы [Текст]/Л. В. Чекулаева, Н. М. Чекулаев. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 264 с.
62. Храмцов, А. Г. Переработка и использование молочной сыворотки: технологическая тетрадь [Текст]/А. Г. Храмцов, В. А. Павлов, П. Г. Нестеренко и др. — М.: Росагропромиздат, 1989. — 190 с.
63. Чекулаева, Л. В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья [Текст]/Л. В. Чекулаева, К. К. Полянский, Л. В. Голубева. — М.: ДеЛипринт, 2002. — 249 с.
64. Коваленко, М. С. Переработка побочного молочного сырья [Текст]/М. С. Коваленко. — М.: Пищевая промышленность, 1965. — 123 с.
65. Фиалков, А. Н. Теоретические и экспериментальные исследования в целях комплексного решения проблемы рационального использования составных частей молока [Текст]/дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04/Фиалков Александр Николаевич. — Вологда, 1974. — 550 с.
66. Кравченко, Э. Ф., Волкова Т. А. Углеводно-минеральная кормовая добавка на основе солевой молочной сыворотки [Текст]/Сборник материалов научно-практической конференции « Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития». Углич, 2003 — С. 98–100
67. Лодыгин, Д. Н. Технология концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Лодыгин Дмитрий Николаевич. — Ставрополь, 1998. — 131 с.
68. Еремина, М. В. Разработка технологии концентратов функционального назначения из молочного белково-углеводного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Еремина Марина Владимировна. — Ставрополь, 2008. — 146 с.
69. А.с. 1015880 СССР Кл. А 23 С 21/00. Способ производства блочной подсырной сыворотки [Текст]/Н. Е. Засп, В. В. Молочников, Н. И. Кочеров и др. — Опубл. 07.05.1983, БИ № 17.
70. А.с. 1050638 СССР Кл. А 23 С 21/00. Способ производства стуженой молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, Б. Г. Миргородский, Т. Н. Абдулина и др. — Опубл. 30.10.1983, БИ № 40.
71. Миргородский, Б. Г. Исследование вязкости концентрированной молочной сыворотки [Текст]/Б. Г. Миргородский, Д. Н. Лодыгин, В. В. Воронин, А. А. Храмцов//Сборник тезисов докладов Всесоюзной научно-технической конференции ИФХМ-86, 1986.
72. Храмцов, А. Г. Молочная сыворотка. — 2-е издание, перераб. и доп. [Текст]/А. Г. Храмцов. — М.: Агропромиздат, 1990. — 240 с.
73. Лоштин, М. Основные процессы пищевых производств [Текст]/М. Лоштин, Р. Мерсон. Под ред. И. А. Рогова. — Пер.с англ. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 384 с.

74. Пищевые продукты с промежуточной влажностью [Текст]/Под ред. Р. Девиса, Г. Берча, К. Паркера. — Пер. с англ. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 208 с.
75. Рогов, И. А. Значение показателя "активности воды" в оценке сельскохозяйственного сырья: Обзорная информация [Текст]/И. А. Рогов, У. И. Романов, А. М. Бражников и др. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. — 44 с.
76. Храпцов, А. Г. Производство и использование концентратов молочной сыворотки: Обзорная информация [Текст]/А. Г. Храпцов, Д. Н. Лодыгин, П. Г. Нестеренко, И. А. Евдокимов. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1990. — 32 с.
77. Troller, J. A. *Water activity measurement with a capacitance monometer* [Text]/J. A. Troller//*J. Food Sci.*, 1982. — V.48. — N3. — P. 733–741.
78. Лукин, Н. Д. Пищевые добавки на основе сахаристых крахмалопродуктов [Текст]/Н. Д. Лукин//Пищевая промышленность. — 1996. — № 6. — С. 14.
79. Могильный, М. П. Использование метилцеллюлозы при приготовлении некоторых изделий в диетическом питании [Текст]/М. П. Могильный, Ф. И. Евсеева, Н. И. Лучкина и др.//Вопросы технологии производства продуктов общественного питания, 1981. — № 9. — С. 87–93.
80. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок: Практические рекомендации [Текст]/Л. А. Сарафанова. — СПб.: ГИОРД, 2002. — 160 с.
81. Дунченко, Н. И. Научное обоснование технологий производства и принципов управления качеством структурированных молочных продуктов [Текст]/дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04/Дунченко Нина Ивановна. — Кемерово, 2003. — С. 407.

Глава 9

Гелеобразование в молочной сыворотке

9.1. Общие положения

Теория и практика гелеобразования, как одна из сторон структурообразования, применительно к молочной сыворотке в системном виде впервые рассмотрена С.Г. Козловым [1, 2, 3] в школе проф. Л.А. Остроумова (КемТИПП). Ниже излагаются имеющиеся в нашем распоряжении материалы по данному вопросу, в видении разработчиков, с сохранением логики и трактовки оригинального текста, для более полного и всестороннего восприятия сложнейших процессов, происходящих на уровне нанокластеров молочной сыворотки, как биотехнологической системы.

9.2. Теоретические предпосылки физико-химических процессов гелеобразования в молочной сыворотке

Для адекватной оценки закономерностей, происходящих при гелеобразовании молочной сыворотки, научный и практический интерес имеют принципы, определяющие особенности фазовых переходов, а также обуславливающие иерархическую значимость и степень участия активных групп коллоидов при взаимодействии с компонентами сыворотки. В табл. 9.1 показаны возможные направления использования свойств сыворотки при формировании гелеобразной структуры.

Таблица 9.1. Некоторые свойства компонентов молочной сыворотки

Составляющий компонент	Молекулярная масса	Массовая доля в сыворотке, %	Технологические свойства	Реакционные группы
<i>Фаза коллоидного раствора</i>				
β-Лактоглобулин	18 300	0,20–0,40	pI 5,13	–SH; –S–CH ₂ –; –COOH; –NH ₂ ; –H; –CHO; –C ₆ H ₅ ;
α-Лактальбумин	14 150	0,06–0,17	pI 4,2–4,5	–(CH) ₂ –CH=NH–CH=N;
Альбумин сыворотки крови	66 267	0,04	pI 4,8	–CH ₃ ; –OH; –COOCH ₃ ; –CH ₂ –OH; –O–C ₂ H ₅
<i>Фаза истинного раствора</i>				
Вода	18	94,0	Растворитель	–H; –OH
Молочная кислота	90	0,73	Регулятор pH	–CHO; –OH
Лактоза	342	3,5–4,0	Регулятор осмотического давления	–H; –CHO; –OH
Одновалентные ионы				
Na ⁺ , K ⁺	23 39	0,042 0,13		–Na; –K
Двухвалентные ионы			Образование хелатных связей	
Ca ²⁺ Mg ²⁺	40 24	0,06 0,008		–Ca–; –Mg–

В таблицу сознательно не включены триглицериды, что связано с их гидрофобными свойствами, а также низкой концентрацией.

Из литературы известна высокая корреляция между размером молекул гелеобразователя, количеством реакционноспособных групп и активной концентрацией стабилизатора структуры (наименьшей концентрацией, которая способна к образованию гелей). Те гелеобразователи, плотность зарядов молекул в которых увеличивается качественно и многообразием реакционных групп, вероятно, в большей степени будут проявлять гелеобразующие свойства, что показано в табл. 9.2 [1].

Таблица 9.2. Некоторые свойства гелеобразователей

Гелеобразователи	Молекулярная масса	Активная концентрация, %, не менее	Реакционные группы
Пектин	20 000–50 000	0,5	–COOH; –CHO; –OH; –COOCH ₃ ; –SO ₃ H;
Агар	11 000–25 000	0,5	–CHO; –Ca–; –CH ₂ OH;
Агароид	2 500–5 000	2,0	–CHO
Желатин	50 000–70 000	1,0	–COOH; –NH ₂ ; –CH ₂ –OH
Целлюлоза и ее эфиры	20 000–45 000	0,8	–CH ₃ ; –O–CH ₃ ; –O–C ₂ H ₅
Крахмал	6 000–1 000 000	2,0	–COOH; –CH ₃

Из представленных выше данных можно предположить, что характеристики геля определяются взаимодействием реакционных групп коллоидов с растворителем (водой, содержащейся в молочной сыворотке) путем изменения внутреннего состояния системы посредством набухания с последующим структурированием системы. В молочной сыворотке, подвергнутой гелеобразованию, под действием внешних и внутренних факторов происходит формиро-

ние твердой фазы с одновременным перераспределением влаги до установления состояния термодинамического равновесия. Данный факт приводит к изменению энергетического состояния системы, вследствие изменения размеров частиц дисперсии, снижения величины межфазной поверхности раздела и увеличения сил адгезионного взаимодействия между отдельными участками молекул веществ, участвующих в гелеобразовании.

При изучении влияния агара, пектина, агароида, желатина, метилцеллюлозы и крахмала на гелеобразование молочной сыворотки было установлено [1], что механизм гелеобразования молочной сыворотки в присутствии изученных коллоидов характеризуется единством непрерывности и скачка. Под непрерывностью следует понимать тенденциозное изменение физико-химических и реологических показателей гелей в зависимости от варьируемых параметров. Скачкообразное изменение исследуемых свойств подчиняется таким законам, в которых перемена одного значимого фактора приводит к принципиально иному подчинению характера исследуемой величины.

Если учесть, что механизм гелеобразования зависит как минимум от трех причин (состава и свойств исходной сыворотки, природы гелеобразователя и технологических факторов), то при прочих равных условиях достаточно одной отдельно взятой совокупности причинно-следственных связей, чтобы обусловить процесс формирования гелеобразных систем пищевых продуктов на основе молочной сыворотки. Совместное влияние значимых факторов оценить достаточно сложно, поскольку в математически адекватное описание вмещивается межфакторное взаимодействие, которое обладает синергетическим (или антагонистическим) эффектом.

В общем случае под условиями гелеобразования молочной сыворотки следует понимать воздействие физико-химических, биотехнологических, механических и иных факторов, которые определяют ее поведение при переходе от коллоидного состояния (золя в гель). Факторы и условия, влияющие на процесс гелеобразования, можно представить в виде совокупности процессов, подчиняющихся определенным законам, которые сведены в табл. 9.3 [4, 5, 6, 7, 8].

Таблица 9.3. Аналитическое описание условий гелеобразования

Условия	Уравнение	Расшифровка переменных
Электростатические свойства гелеобразователя («параметр заряда»)	$\lambda = \frac{V \cdot e^2}{D \cdot L \cdot K_B}$	V — величина заряда молекулы; e — величина заряда электрона; D — диэлектрическая постоянная раствора; L — контурная длина молекулы стабилизатора; K_B — постоянная Больцмана
Скорость набухания	$\eta = \frac{dQ}{dt} = K(Q_{max} - Q)$	K — константа скорости набухания; Q_{max} — предельное набухание; Q — набухание к данному моменту времени
Активная энергия молекул системы	$\lambda = \frac{d \ln K_1}{dT} = \frac{E}{RT^2}$ $E = \frac{(\ln K_1 - \ln K_1') \cdot RT_1 T_2}{T_2 - T_1}$	K_1 и K_1' — константы скорости соответственно при температуре T_1 и T_2 ; R — универсальная газовая постоянная
Эффективная вязкость	$\eta_{\phi} = A \exp(-mt) \gamma^{n-1}$	A, m — константы; n — индекс течения; γ — скорость сдвига; t — температура
Кинетика формирования твердой фазы	$\frac{V_{\phi} - V_{\infty}}{V_0 - V_{\infty}} = \exp(-Z^n \tau)$	$V_0, V_{\phi}, V_{\infty}$ — удельные объемы твердой фазы: начальной, через время τ и при полном превращении в гелеобразное состояние; Z — константа скорости гелеобразования; τ — время; n — показатель Аврамн

Для понимания особенностей процесса гелеобразования молочной сыворотки предприняты попытки определения условий получения устойчивых дисперсий с различными гелеобразователями [1]. Рекомендуемые дозы внесения гелеобразователей при массовой доле сывороточных белков 0,6 % и значении предельного напряжения геля не менее 100 Па составляют: для агара — 0,8 %; пектина — 0,8 %; агароида — 2,5 %; желатина — 2,0 %; метилцеллюлозы — 1,8 %; крахмала — 3,0 %. При разработке технологий и рецептур новых видов гелеобразных продуктов на основе молочной сыворотки необходимо вносить поправки на массовую долю гелеобразователя с учетом входящих в рецептуру компонентов и параметров технологического процесса.

Прочностные характеристики системы изменяются в зависимости от параметра электрического заряда молекулы гелеобразователя. Выявлено, что с увеличением параметра заряда происходит повышение значений предельного напряжения сдвига. Данный факт объясняет те особенности, которые определены в гелях в зависимости от концентрации ионов водорода. Наибольшая ионная селективность установлена для желатина и пектина (под ионной селективностью понимают способность изменения прочности структуры геля в результате изменения параметра заряда молекулы гелеобразователя). Это связано со способностью ионов водорода блокировать заряды на поверхности молекулы гелеобразователя с последующей сменой знака заряда молекулы при одновременном усилении гелеобразующих свойств.

В реальных условиях состояние, при котором параметр заряда молекулы гелеобразователя оказывается равен нулю, получить практически невозможно, а можно лишь произвести смену знака заряда полимерной цепи гелеобразователя. Этот фактор можно расценить как положительное условие гелеобразования. При смене знака заряда изменение гелеобразующих свойств не является пропорциональным, поскольку заряды у функциональных групп не тождественны. Данный факт указывает на то, что подбор реальных значений pH среды необходимо проводить с учетом особенностей свойств компонентов, входящих в рецептуру компонентов.

Выявлено, что связи, образованные в сывороточном геле с крахмалом, являются наименее прочными из всех, которые получены при гелеобразовании молочной сыворотки независимо от использованного гелеобразователя и скорости сдвигающей деформации. Данный факт связан, вероятно, с изменением прочности сольватных оболочек, которые формируются под действием внешних факторов, первостепенным из которых является температура. Энергия активации, необходимая для прочного контакта между молекулами гелеобразователя через гидратные оболочки подчиняется уравнению Аррениуса — в коллоидах, содержащих повышенное количество метильных групп, устойчивость адсорбционных гидратных слоев под воздействием температуры более высокая (например, в агаре и пектине). Этим же объясняется аномальное поведение вязкости гелей с метилцеллюлозой — с повышением температуры отмечается увеличение значений эффективной вязкости на 6,4–25,0 % по сравнению с минимальным значением, полученным при температуре 40–45 °C [1].

Являясь по своей природе гидрофильными коллоидами, рассмотренные гелеобразователи обладают различной способностью к гидратации. В дальнейшем эта способность определяет технологические свойства коллоидов при гелеобразовании сыворотки, например, такое свойство, как набухание. Конечным результатом гелеобразования является переход состояния золь молочной сыворотки в устойчивый гель.

Формирование новой фазы при гелеобразовании в молочной сыворотке связано с протеканием конкурирующих процессов, происходящих на различных этапах технологического цикла. Ускоренные режимы теплового воздействия и охлаждения позволяют получить менее структурированные системы с более выраженными тиксотропными свойствами. Комбинируя соотношение гелеобразователей при их совместном использовании, можно получить гели с требуемыми структурно-механическими показателями. Высокая пластичность периферийного слоя на границе «молочная сыворотка — гелеобразователь» способна выдерживать

значительные деформации до тех пор, пока не произошло формирование единой сплошной фазы. Это свойство связано с наличием слабых связей между мономолекулярным слоем воды и коллоида.

Принято считать, что для химических взаимодействий доступны только те молекулы, которые обладают определенной избыточной энергией по сравнению с той, которой характеризуется большинство других молекул. Это следует из уравнения Аррениуса, значимыми величинами которого является температура процесса, определяющая число активных столкновений молекул. Если учесть, что на скорость гелеобразования оказывают влияние два фактора (первый — температура перехода гелеобразователя в бесконечно растворенное состояние и второй — температура начала появления частиц твердой фазы), определены рациональные температуры для различных гелеобразователей (табл. 9.4).

Таблица 9.4. Кинетические параметры реакций

Реакция с участием радикалов и молекул	Предэкспоненциальный множитель A , $\frac{\text{см}^2}{\text{моль} \cdot \text{с}}$	Энергия активации E , $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	Коэффициент взаимодействия $\alpha = \frac{E}{A}$
$\text{CH}_3 + \text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$	$1,03 \cdot 10^4$	0	∞
$\text{C}_2\text{H}_5 + \text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$	$1,12 \cdot 10^4$	8,4	$7,50 \cdot 10^{-4}$
$\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}$	$1,4 \cdot 10^{14}$	41,8	$2,99 \cdot 10^{-15}$
$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO} \cdot + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	46,9	$3,35 \cdot 10^{-11}$

Следует обратить внимание, что при этом для упрощения восприятия материала опущены несколько параметров — массовая доля коллоида в диапазоне значимых концентраций (использовали только рациональную концентрацию) и массовая доля сахарозы (как агент, способствующий повышению температуры гелеобразования). Кроме того, давление, изменяющее число активных столкновений, также в расчете не использовали. Поскольку экспоненциальный множитель, определяемый природой реагентов и среды, слабо зависит от температуры, то определена возможная первопричина реакций гелеобразования — наиболее активную роль в гелеобразовании принимают метильные радикалы и ионы воды; этерифицированные группы C_2H_5 из рассмотренных в наименьшей степени принимают участие в гелеобразовании.

Естественно предположить, что температура не только увеличивает число активных контактов молекул гелеобразователя путем повышения энергии активации, но и изменяет вязкостные свойства системы в целом. Предположив, что коэффициент взаимодействия α зависит не только от температуры, а определяется соотношением разрушенной и неразрушенной структуры (индексом течения), получены кривые течения при различных скоростях сдвига для различных видов использованных гелеобразователей. Результаты исследований приведены на рис. 9.1.

Конечным результатом гелеобразования является переход состояния золь молочной сыворотки в устойчивый гель. Кинетика процесса кристаллизации определяет закономерности, приведенные на рис. 9.2. Они являются наглядным подтверждением действующих начал гелеобразования, к которым можно отнести природу гелеобразователя и температуру процесса.

Кривые роста твердой фазы (рис. 9.2, линии 1 и 2) в сывороточных гелях представляют типичную S-образную зависимость. Исключение составляют системы, в которых гелеобра-

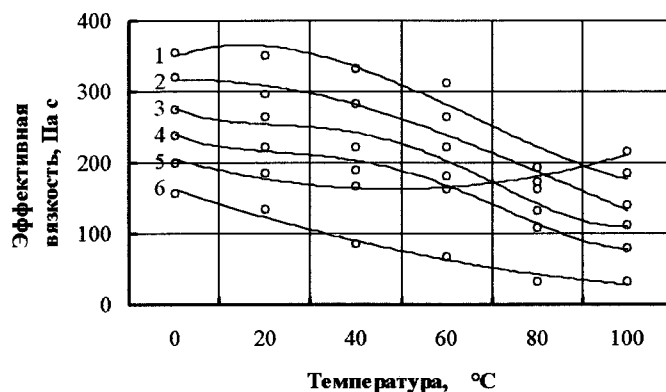


Рис. 9.1. Влияние коллоидов на изменение эффективной вязкости гелей при различных температурах: 1 — агар; 2 — пектин; 3 — агароид; 4 — желатин; 5 — метилцеллюлоза; 6 — крахмал

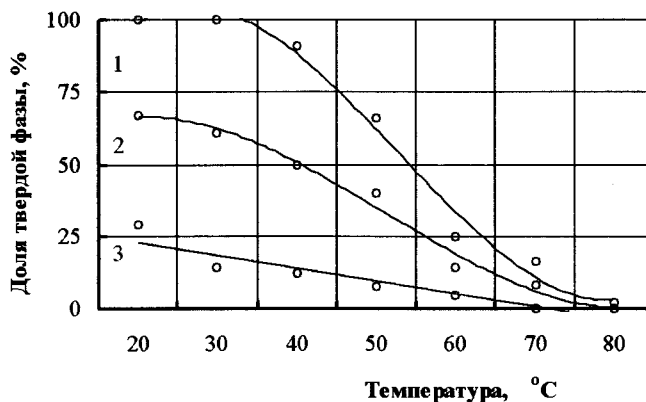


Рис. 9.2. Зависимость доли твердой (необратимо разрушающейся) фазы в геле от температуры: 1 — агар; 2 — пектин; 3 — желатин

зование обусловлено желатином, имеющим высокоподвижные сольватные слои. Микроскопический анализ позволяет установить, что мономолекулярные гидратные слои при охлаждении окружают центры кристаллизации. Хаотическое образование зародышей подвержено значительным изменениям, которые обусловлены степенью однородности системы, зависящей от продолжительности теплового воздействия и температуры. Как и следовало ожидать, максимальным содержанием твердой фазы в результате охлаждения характеризуются сывороточные гели, полученные с использованием агара и пектина. Отмечено, что у крахмала, агароида и метилцеллюлозы доля необратимо разрушающейся твердой фазы в указанном диапазоне температур отсутствует.

Приведенные результаты исследований С. Г. Козлова [1] позволяют объективно оценить возможность перехода молочной сыворотки в твердое (гелеобразное) состояние под воздействием различных химических веществ. Формирование новой фазы связано с протеканием конкурирующих процессов, происходящих на различных этапах технологического цикла. Ускоренные режимы теплового воздействия и охлаждения позволяют получить менее струк-

турированные системы с более выраженными тиксотропными свойствами. Круг допустимых воздействий (технологических факторов) ограничен значительным нарушением нативного состояния гелеобразователя и его функциональных групп. Тем не менее, исследования структурно-механических характеристик при различных условиях сдвигающей деформации позволяют определить такие параметры, которые должны учитываться в реальных технологических процессах (комбинируя соотношение гелеобразователей при их совместном использовании можно получить гели с требуемыми структурно-механическими показателями). Высокая пластичность периферийного слоя на границе «молочная сыворотка — гелеобразователь» способна выдержать значительные деформации до тех пор, пока не произошло формирование единой сплошной фазы. Это свойство, несомненно, связано с наличием слабых связей между мономолекулярным слоем воды и коллоида.

Полученные результаты позволяют прогнозировать наличие кинетических изменений у гелеобразных систем на основе молочной сыворотки и сформулировать закономерности управления процессом гелеобразования.

9.3. Закономерности управления процессом гелеобразования в молочной сыворотке

Изучение физико-химических процессов гелеобразования в дисперсных системах на основе молочной сыворотки, осложненных фазовыми переходами, позволило установить некоторые закономерности и сформулировать принципы управления. Несмотря на все многообразие свойств компонентов сыворотки, в обеспечении требуемого уровня физико-химических и реологических свойств гелей превалирующую роль играет соотношение гелеобразователя и жидкой дисперсионной среды. Процессами гелеобразования в подобных дисперсных системах можно управлять снижением доли слабосвязанной влаги путем введения гидрофильных веществ. Этим объясняется увеличение прочности гелей в результате увеличения массовой доли белков в сыворотке более 5%.

Рассмотренные закономерности показывают тесную взаимосвязь между реологическими и физико-химическими свойствами сывороточных гелей. В этой связи целесообразно увязать структурно-механические свойства гелей с фазовыми переходами в гелеобразных объектах.

Основными факторами, влияющими на процессы, являются: состав молочной сыворотки (главным образом, массовая доля белков), присутствие сахарозы, физико-химические свойства сыворотки (активная и титруемая кислотность), массовая доля и вид используемого гелеобразователя, а также температурные параметры технологического процесса. Производными от этих факторов являются активность воды и вязкостные характеристики.

Известно, что для твердых и жидких продуктов, содержащих не менее 40% влаги, при температуре от 0 до 100 °C, коэффициент температуропроводности есть средневзвешенное между значениями для воды при той же температуре и для сухого белка, жира, углеводов [9]. Однако для сывороточных гелеобразных систем характерно anomальное поведение коэффициента температуропроводности в зависимости от температуры. Установлено [1], что значения коэффициента температуропроводности превышают те, которые определены теоретическим (расчетным) путем при температуре выше температуры плавления геля. Данный факт обусловлен, главным образом, особенностями формирования пространственной структуры геля, который в твердом состоянии имеет особое состояние структуры с наличием элементов кристаллической решетки. Переход геля в расплавленное состояние в результате нагревания изменяет не только его реологическое поведение, но и коэффициент температуропроводности, который в 1,01–1,07 раза меньше расчетного.

Фазовые переходы подобного рода иллюстрируют данные, приведенные в табл. 9.5 [1].

Таблица 9.5. Термодинамические характеристики гелеобразных продуктов, полученные методом дифференциальной сканирующей калориметрии

Используемый гелеобразователь	Интервал плавления, °С		Энтальпия плавления геля, кДж/кг
	эвтектики и ликвидуса	геля	
Агар	–18 32 / –18 28	80 100 / 74 100	159,7 / 147,3
Агароид	–18 28 / –18 22	50 85 / 44 78	143,8 / 134,0
Пектин	–18 8 / –18 6	54 80 / 48 80	138,6 / 128,9
Желатин	–18 6 / –18 4	32 100 / 26 100	92,7 / 86,8
Крахмал	–18 4 / –18 4	70 100 / 68 90	99,3 / 90,5
Метилцеллюлоза	–18 6 / –18 4	76 95 / 70 90	104,9 / 93,2

Примечание. В числителе приведены данные для геля на основе сыворотки, в знаменателе — для геля на основе воды

Величина интервала плавления эвтектики и ликвидуса, а также другие термодинамические характеристики гелей на основе молочной сыворотки зависят от используемого гелеобразователя. В установленном интервале температур плавления, вероятно, происходят конформационные переходы твердого состояния геля в жидкое, а также изменяются формы связи влаги.

В случае использования в качестве дисперсионной среды молочной сыворотки гели имеют более прочную структуру, а также прочно удерживают влагу за счет возникновения межмолекулярных взаимодействий между растворителем, активными центрами (группами) молекул гелеобразователя, а также веществами молочной сыворотки (белками, ионами металлов и т.д.).

На основании анализа значений энтальпии плавления перспективными, с точки зрения устойчивого в отношении фазовых переходов, в технологии гелеобразных сывороточных продуктов из исследуемых гелеобразователей признано использование агара, агароида и пектина [1].

9.4. Классификация гелей на основе молочной сыворотки

В работе [1] обобщены информационные материалы в единой унифицированной системе на базе комплексного сочетания факторов и критериев классификации, которая позволяет прогнозировать возможности дальнейшего расширения ассортимента и совершенствования технологии продуктов данной группы.

Ниже приводится перечень гелеобразных систем на основе молочной сыворотки по С. Г. Козлову [1].

1. Гели на основе сывороточных концентратов с массовой долей сывороточных белков не менее 5,0—7,0%. Их можно отнести к структурированным связанодисперсным системам, получаемым под воздействием технологических факторов и процессов без использования внешних структурообразователей.
2. Гели на основе молочной сыворотки, получаемые под воздействием коллоидов-гелеобразователей. Данные гели могут быть разделены на подклассы по следующим классификационным признакам:

- по природе используемых гелеобразователей: с использованием гелеобразователей животного (желатин, муцин, мукоид, хитин и др.), растительного (пектин, слизи и др.), микробиологического (микробные камеди и др.) и синтетического (эфир целлюлозы и др.) происхождения;
- по химическому строению используемого полимера: с использованием гомогенных (целлюлоза, лигнин, альгиновая кислота и др.) и гетерогенных (целлюлозолигнины, агаронид и др.) полимеров;
- по растворимости: с использованием гелеобразователей растворимых в воде (желатин и др.), спиртах (пектин и др.), кислотах и щелочах (протопектин и др.) и липидах (ксилан и др.);
- по функциям, выполняемым в биологических объектах: аморфные, не обладающие структурообразующим действием, полимеры (гумми, смолы, альгинаты, и др.), структурообразующие компоненты (целлюлоза, пектин, лигнин, экстенсин, коллаген и др.), вещества, обладающие физиолого-биохимическим действием (реологические свойства продукта, пребиотическая активность, регулирование метаболизма, сорбция токсинов).

3. Гели на основе молочной сыворотки сложного сырьевого состава:

- с биотехнологической обработкой;
- без биотехнологической обработки.

В качестве инициатора образования геля молочной сыворотки могут выступать:

- гидратированные сывороточные белки, которые после тепловой обработки способны образовывать трехмерный матрикс, являющийся основой геля (обязательным условием гелеобразования является необходимое содержание функциональных групп NH_2 - и COOH -, которые образуются в результате денатурации сывороточных белков с последующим их протеолизом);
- гелеобразователи (коллоиды-полимеры), способные структурировать влагу (изменяя ее формы связи посредством взаимодействия реакционных групп и диполей воды).

Гелеобразование нативной сыворотки связано, главным образом, с присутствием гелеобразующего агента. Сывороточные гели по способу получения отличаются от самоассоциируемых гелей в молочной промышленности, типичным представителем которых являются казеиновые сгустки, полученные под воздействием внешних факторов — химозина, ионов кальция и водорода. Сывороточные гели под воздействием только этих факторов получить невозможно, что обусловлено, главным образом, низкой концентрацией самоассоциирующего вещества — сывороточных белков.

Макромолекулы полисахаридов построены из моносахаридов химических связей ковалентной природы, которые жестко фиксируют С-первый атом мономерной единицы через кислородный мостик со вторым, третьим, четвертым или шестым атомом углерода последующей мономерной единицы. Такая связь называется гликозидной (α - или β -) в зависимости от аномерной конфигурации.

Многообразие возможных вариантов соединения моносахаридов приводит к образованию периодических (например, в молекуле целлюлозы *D*-глюкозные остатки соединены β - (1→4) связями), прерываемых (например, α -*L*-рамноза, «вклиниваясь» в последовательность α - (1→4) связанных *D*-остатков галактурановой кислоты и их метильных эфиров, прерывает периодичность полигалактурановой кислоты, которая является основным компонентом пектинов) или аperiodических структур (иррегулярная последовательность сахаридов). Из этого следует, что с геометрической точки зрения структура цепи полисахаридов может быть линейной, линейной с боковыми заместителями и разветвленной.

Независимо от природы, каждый из гелеобразователей характеризуется совокупностью физико-химических свойств, из которых наиболее важными являются строение полимерной цепи и ее растворимость. Способность гелеобразователей связывать на своей контактной поверхности воду (или молекулы другого растворителя) — исключительно важное свойство

в организации биологических систем. Растворимость представляет собой действие электростатических сил притяжения, развивающихся между ионогенными и полярными группами гелеобразователей и диполями растворителя. В связи с постоянным снижением энергии связи молекулы периферийного слоя влаги приобретают диффузный характер. В основном энергия взаимодействия гелеобразователя и адсорбированного вещества сосредоточена в первом молекулярном слое. Связывание растворителя сопровождается снижением энтропии, поскольку его молекулы находятся в сориентированном состоянии.

Растворимость и набухание, а также ряд других выполняемых в биологических системах функций, обусловлены составом мономерных звеньев цепи гелеобразователя. Роль гелеобразователей необходимо рассматривать с двух позиций. Во-первых, еще до выделения в чистом виде, эти вещества принимают активное участие в процессах метаболизма клеток «хозяина» — микроорганизмов, растений и животных. Во-вторых, после технологической обработки и внесения в продукты питания гелеобразователи придают им ряд ценных качеств, связанных с формированием их реологических свойств, а также направленных на регулирование микробиологии человека. Гелеобразователи являются промоторами пробиотической микрофлоры, усиливают перистальтику кишечника, регулируют метаболические процессы, связанные с усвоением углеводов, синтезом желчных кислот, сорбцией холестерина, тяжелых металлов, радионуклидов и т. д.

Общность предлагаемой иерархии заключается в том, что все гелеобразные системы на основе молочной сыворотки отличаются сложным сырьевым составом, поскольку независимо от особенностей технологического процесса содержат в своем составе сыворотку, являющуюся многокомпонентным молочным сырьем, инициатор гелеобразования, а также дополнительные компоненты, повышающие, как правило, пищевую ценность и улучшающие органолептические качества.

В технологии гелеобразных сывороточных продуктов могут дополнительно использоваться приемы биотехнологической обработки — в частности ферментация пробиотической микрофлорой, поскольку как олигосахариды сыворотки, так и некоторые гелеобразователи, являются фактором роста некоторых видов микроорганизмов. Наряду с микрофлорой, возможно использовать чистые ферментные препараты. Перспективным является использование β -галактозидазы, позволяющей регулировать углеводный состав гелей на основе молочной сыворотки, что будет описано в специальной главе 13.2.

Таким образом, предлагаемая классификация не только объединяет особенности, обусловленные различными по составу и свойствам гелеобразователями, но, одновременно, подчеркивая особенности каждого из них, позволяет характеризовать множество индивидуальных особенностей гелеобразных систем на основе молочной сыворотки.

Полученные результаты позволили С. Г. Козлову [1, 2, 3] и его последователям [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] сформировать целую группу продуктов, технология которых приведена в главе 19. По имеющейся у нас информации активная работа по данному направлению продолжается.

9. 5. Резюме по главе 9

Рассматривая в общем плане проблематику гелеобразования в молочной сыворотке, следует отметить ее приоритетность и вклад КемТИПП в практическую отработку сложнейших технологических аспектов. Дело теперь за практикой — освоение инноваций с ориентированием на спрос потребителей.

9.6. Литература к главе 9

1. Козлов, С. Г. Исследование и разработка технологий сывороточных гелеобразных продуктов с использованием растительного сырья [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Козлов Сергей Геннадьевич. — Кемерово, 2006. — 342 с.
2. Козлов, С. Г. Теоретические и практические основы производства продуктов питания нового поколения [Текст]/С. Г. Козлов. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 151 с.
3. Козлов, С. Г. Методические и технологические аспекты создания структурированных продуктов из молочной сыворотки и растительного сырья: монография [Текст]/С. Г. Козлов. — Москва: Издательское объединение «Российские университеты» — «Кузбассвуиздат — АСТШ», 2005. — 168 с.
4. Белоусов, А. П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок [Текст]/А. П. Белоусов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 263 с.
5. Донченко, Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов [Текст]/Л. В. Донченко. — М.: ДеЛи принт, 2000. — 255 с.
6. Осинцев, А. М. Развитие фундаментального подхода к технологии молочных продуктов: Монография [Текст]/А. М. Осинцев. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. — 152 с.
7. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Текст]/А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — М.: Физматлит, 2001. — 320 с.
8. Rinaudo, M. *Physicochemical properties of pectin's in solution and gel states*/M. Rinaudo [Text]//*Pectin's and pectinases: Proceedings of an International Symposium. — Wageningen, Netherland. — 1996. — P. 21–24.*
9. Sienkiewicz, T. Molke und Molke verwertung [Text]/T. Sienkiewicz, C.-L. Riedel//Leipzig. — 1986. — S. 306.
10. Рыженков, Д. В. Разработка продуктов функционального назначения на основе молочной сыворотки и зерновых добавок [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Рыженков Дмитрий Валерьевич. — Кемерово, 2003. — 107 с.
11. Лихацкая, С. В. Разработка технологии сывороточных напитков и желе с использованием продуктов переработки свеклы [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Лихацкая Светлана Владимировна. — Кемерово, 2003. — 121 с.
12. Генералова, Н. А. Напиток «Биогран» из молочной сыворотки [Текст]/Н. А. Генералова, С. В. Лихацкая//*Молочная промышленность. — 2003. — № 2. — С. 39.*
13. Козлов, С. Г. Гелеобразующая добавка для молочных структурированных продуктов [Текст]/С. Г. Козлов, А. Ю. Просеков, А. С. Шебукова//*Молочная промышленность. — 2004. — № 8. — С. 29–30.*
14. Панасенко, Н. А. Исследование и разработка технологии желе на основе молочной сыворотки с использованием черной смородины [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Панасенко Наталья Александровна. — Кемерово, 2007. — 105 с.
15. Панасенко, Н. А. Гелеобразные продукты из сыворотки и черной смородины [Текст]/Н. А. Панасенко, С. Г. Козлов, А. С. Шебукова, А. Ю. Просеков//*Молочная промышленность. — 2007. — № 2. — С. 35–36.*
16. Шитова, О. А. Исследование и разработка технологии структурированных сывороточных напитков [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Шитова Олеся Александровна. — Кемерово, 2008. — 120 с.

Глава 10

Модификация молочной сыворотки экстракцией

10.1. Общие положения

Направленное изменение состава и свойств молочной сыворотки может быть достигнуто путем ее использования как экстрагента растительного сырья в процессах экстрагирования, что трактуется как модификация. В настоящей главе рассматриваются процессы модификации молочной сыворотки препаратами стевии, солодки и эхинацеи.

10.2. Модификация молочной сыворотки препаратами стевии

Процесс подробно рассмотрен в работах [1, 2, 3]. Е. И. Мельниковой [1] разработан и запатентован способ получения молочно-растительного экстракта — новой модифицированной формы творожной сыворотки — путем экстрагирования физиологически ценных компонентов стевии, определены условия экстрагирования. Детальное изложение сути, механизмов, теории и практики процессов содержится в двух обстоятельных монографиях авторских коллективов ВГТА [4, 5]. Ниже в кратком виде сделана попытка обобщить имеющийся материал с акцентом места и роли молочной сыворотки в процессах экстрагирования, что является, по нашему мнению, подтверждением ее феномена и может интерполироваться на широкую гамму продуктов.

10.2.1. Научно-технические предпосылки экстракции на молочной сыворотке

Эффективность процесса экстрагирования зависит от pH экстрагента, степени измельчения экстрагируемого материала, температуры и продолжительности экстрагирования. Известно применение творожной сыворотки как экстрагента питательных веществ листовой массы растений [6, 7]. Впервые предложено использовать в качестве экстрагента ультрафильтрат творожной сыворотки [8, 9, 10], являющийся ценным сырьем благодаря своему составу и свойствам.

Применение ультрафильтрата как экстрагента позволяет объединить ценные свойства творожной сыворотки, ранее зарекомендовавшей себя как основа лечебно-профилактических продуктов питания, и дефицитные нутриенты, входящие в состав листьев стевии. На основе полученного экстракта с высоким коэффициентом сладости [11, 12, 13] возможна разработка новых видов молокосодержащих продуктов с направленными функциональными свойствами.

Определены оптимальные параметры экстрагирования пищевых компонентов стевии ультрафильтратом творожной сыворотки [1]: температура — 40 °C; продолжительность экстрагирования — 40 мин; соотношение объемов твердой и жидкой — фаз 1: 10; pH экстрагента — 4,4. Указанные параметры были применены при разработке технологии новых молокосодержащих продуктов функционального назначения. Перед составлением рецептурных композиций молокосодержащих продуктов молочную основу модифицируют путем обогащения биологически активными нутриентами стевии — дитерпеновыми гликозидами, аминокислотами, флавоноидами, водорастворимыми ксантофиллами и хлорофиллами, минеральными веществами, эфирными маслами.

10.2.2. Состав и свойства молочно-растительного экстракта — новой модифицированной формы творожной сыворотки

Аминокислотный состав ультрафильтрата творожной сыворотки и молочно-растительного экстракта. При модификации химического состава творожной сыворотки путем экстрагирования увеличивается содержание всех аминокислот, кроме гистидина и триптофана (рис. 10.1) [1]. В большей степени в экстракт из листьев стевии переходят глутаминовая и аспарагиновая аминокислоты — известные химические предшественники вкуса, повышающие чувствительность вкусовых рецепторов, а также пролин, участвующий в формировании соединительной ткани.

Минеральный и витаминный состав ультрафильтрата сыворотки и молочно-растительного экстракта. Содержание макроэлементов и витаминов в ультрафильтрате творожной сыворотки и экстракте из листьев стевии после очистки приведено в табл. 10.1 [14].

Таблица 10.1. Содержание макроэлементов и витаминов в ультрафильтрате и экстракте на его основе

Компонент	Ультрафильтрат	Экстракт после очистки
Кальций, мас. %	0,10	0,10
Фосфор, мас. %	0,05	0,05
Витамин В ₁ , мг/кг	0,27	0,18
Витамин В ₂ , мг/кг	1,46	0,87
Витамин Е, мг/кг	1,70	1,20

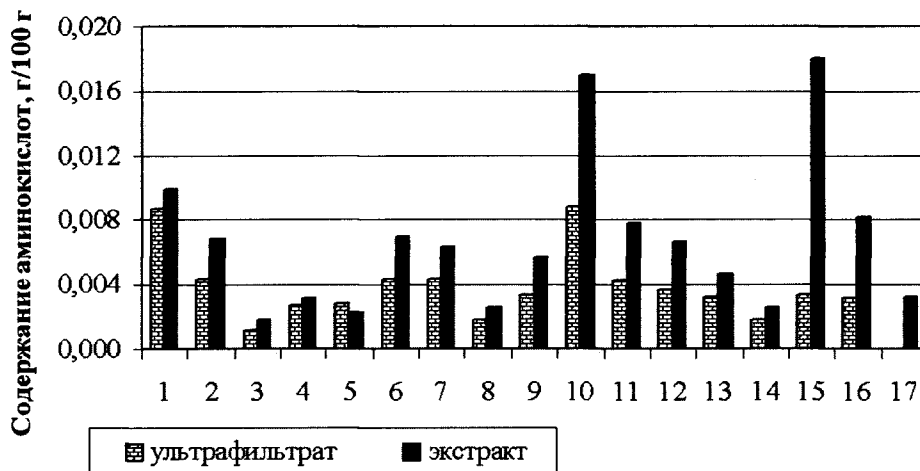


Рис. 10.1. Содержание аминокислот в ультрафильтрате творожной сыворотки и экстракте из листьев стевии: аргинин (1), лизин (2), тирозин (3), фенилаланин (4), гистидин (5), лейцин (6), изолейцин (7), метионин (8), валин (9), пролин (10), треонин (11), серин (12), аланин (13), глицин (14), глутаминовая кислота (15), аспарагиновая кислота (16), цистин (17)

Анализ представленных в таблице данных показывает, что содержание кальция и фосфора в ультрафильтрате творожной сыворотки и экстракте из листьев стевии остается постоянным. В молочно-растительном экстракте поддерживается оптимальное соотношение между этими макроэлементами, что улучшает ассимиляцию кальция тканями. Известно, что при содержании фосфора вдвое больше, чем кальция, его усвоение ухудшается, поскольку образуются растворимые соли кальция, извлекаемые кровью из костной ткани. Сложность достижения оптимального соотношения этих макроэлементов обусловлена тем, что большинство продуктов питания значительно богаче фосфором, чем кальцием [15, 16].

Присутствие витамина Е в молочно-растительном экстракте обуславливает не только витаминную, но и антиоксидантную функции, так как токоферол регулирует интенсивность свободно-радикальных реакций [17].

Содержание дитерпеновых гликозидов в экстракте. Результаты определения дитерпеновых гликозидов и других пищевых компонентов стевии в экстракте и ультрафильтрате творожной сыворотки (экстрагент) приведены в табл. 10.2 [1].

Таблица 10.2. Содержание дитерпеновых гликозидов и других пищевых компонентов в ультрафильтрате и экстракте после очистки (г/100 г)

Пищевые компоненты	Ультрафильтрат	Экстракт
Дитерпеновые гликозиды сладкого вкуса,	—	0,86
в т. ч. стевиозид	—	0,52
ребаудиозид А	—	0,11
ребаудиозид С	—	0,05
дулкозид	—	0,03
Флавоноиды	—	1,95
Лактоза	3,70	3,50
Свободные сахара (глюкоза+галактоза)	—	1,04

Обращает на себя внимание появление в экстракте целой гаммы оригинальных соединений функционального назначения, что обогащает молочную сыворотку и придает ей уникальные свойства.

Органолептические и физико-химические показатели молочно-растительного экстракта. По органолептическим характеристикам экстракт представляет собой прозрачную, желтовато-коричневую жидкость с приятным ароматом корицы и зерен кофе, обусловленным присутствием осмифорических компонентов стевии. В эфирном масле стевии содержится более 300 таких соединений, но в основном ее специфический аромат связан с присутствием спатуленола, β -кариофиллена и производных коричной кислоты (кофейная и хлорогеновая кислоты) [18, 19, 20].

Активная кислотность экстракта в сравнении с ультрафильтратом существенных изменений не претерпевает (рН 4,2–4,4). Отсутствие значительных изменений рН при экстрагировании обусловлено буферной системой, образованной присутствующими в экстракте аминокислотами и минеральными солями.

Повышение массовой доли сухих веществ увеличивает плотность экстракта. При 20 °С плотность молочно-растительного экстракта находится в пределах (1023–1025) кг/м³, вязкость $(1,58–1,62) \cdot 10^{-3}$ Па · с. Оптическая плотность экстракта при 490 нм и толщине светопоглощающего слоя кюветы $l = 1$ см составляет 0,13.

Антимикробная активность молочно-растительного экстракта. При исследовании влияния экстракта на развитие микроорганизмов в качестве тест-культур использовали чистые культуры санитарно-значимых микроорганизмов: *E. coli*, *Pr. vulgaris*, *S. typhimurium*, *Bac. cereus*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* [21, 22]. Результаты исследований антимикробной активности молочно-растительного экстракта приведены в табл. 10.3 [1].

Таблица 10.3. Антимикробная активность молочно-растительного экстракта

Тест-культуры	Диаметр задержки роста микроорганизмов, мм
<i>E. coli</i>	10
<i>Pr. vulgaris</i>	10
<i>S. typhimurium</i>	10
<i>Bac. cereus</i>	13
<i>St. aureus</i>	8
<i>Ps. aeruginosa</i>	*

* – Продукт не оказывает антимикробного действия.

Молочно-растительный экстракт задерживает рост всех микроорганизмов (*E. coli*, *Pr. vulgaris*, *S. typhimurium*, *Bac. cereus*, *St. aureus*) за исключением *Ps. aeruginosa*. Высокая антимикробная активность молочно-растительного экстракта в сравнении с ультрафильтратом объясняется присутствием в нем физиологически ценных компонентов стевии, относящихся к классу фенилпропаноидов: флавонолов (кверцетин, авикулярин, гваяверин, кверцетрин), производных коричной кислоты (кофейная и хлорогеновая кислоты), производных кумарина (скопелетин, умбеллиферон) [23]. Все эти компоненты характеризуются антиоксидантными свойствами.

Молочно-растительный экстракт может быть использован как подсластитель и биологически активная добавка при производстве безалкогольных тонизирующих и алкогольных напитков, низкокалорийного мороженого и желе. Технология этих продуктов излагается в главе 19, как феномен использования творожной сыворотки.

10.3. Модификация молочной сыворотки солодкой голой с использованием ЭХА-воды и хитозана

Школой проф. А. В. Брыкалова (СтГАУ) по нашей инициативе были поставлены широко-масштабные исследования по использованию молочной сыворотки в земледелии. Результаты реализованы в кандидатских диссертациях Е. В. Плющ [24] и Е. М. Головченко [25]. Ниже, во временной последовательности, излагаются краткие результаты исследовательской части работ. Подробная информация по данной тематике представлена в докторской диссертации А. В. Брыкалова [26] и публикациях [27, 28].

10.3.1. Теоретическое обоснование использования молочной сыворотки в качестве сырьевого ресурса для получения регуляторов роста растений

В условиях биологизации и экологизации защиты растений возрастает значение вопросов применения как природных, так и синтетических физиологически активных веществ, к которым относятся и регуляторы роста растений — фиторегуляторы. Природные и синтетические фиторегуляторы являются важным средством регулирования дифференцировки клеток, клеточных делений, образования новых тканей и органов, темпов роста и развития растений, их продуктивности и качества урожая [29, 30].

В настоящее время известно шесть групп природных регуляторов роста: ауксины, гибберелины, брассиностероиды, цитокинины, этилен, абсцизовая кислота [30]. К современным регуляторам роста растений относятся: Силк — препарат на основе тритерпеновых кислот, выделенных из зелени лапок пихты сибирской; Фитохин — с действующим началом сукцинатом хитозаниа; Агат-25 К — препарат на основе *Pseudomonas aureofaciens*, штамм H16 и продуктов метаболизма; Биомакл и Биочис — препараты на основе лекарственных растений [30, 31, 32].

Применение регуляторов роста и развития растений в настоящее время вошло в технологии интенсивного возделывания многих важнейших сельскохозяйственных культур как приемы, позволяющие повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, устраняющие недостатки, присущие отдельным сортам, повышающие продуктивность растений и устойчивость к заболеваниям [30].

Разработка технологии получения регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки для предпосевной обработки семян решает важнейшую проблему поиска дешевого сырья, что способствует снижению в конечном итоге себестоимости продовольственной сельскохозяйственной продукции, а также создает условия экологической безопасности в связи с рациональной утилизацией данного вторичного сырья молочной промышленности.

На рис. 10.2 представлена блок-схема теоретического обоснования использования молочной сыворотки в качестве сырьевого ресурса для получения регуляторов роста растений.

Установлено [33], что соотношение азота и фосфора 5:1 обеспечивает нормальное питание зерновых агрокультур. Оптимальная сумма обменных оснований (Ca и Mg) в количестве 25–28 мг-экв/100 г почвы является также важным элементом сбалансированного питания растений, что подтверждает возможность использования молочной сыворотки в качестве многокомпонентной удобрительной смеси.

В состав защитно-стимулирующих препаратов, применяемых в предпосевной обработке семян, кроме фунгицидов, ростостимулирующих препаратов, обязательным условием является включение микроудобрений, содержащих набор микроэлементов. Действие микроэлементов на растения обусловлено тем [34, 35], что они принимают активное участие в окисли-

тельно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах, являются обязательной частью многих ферментов, витаминов, ростовых веществ, повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды.

Под влиянием микроэлементов в листьях увеличивается содержание хлорофилла, улучшается процесс фотосинтеза, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения. Микроэлементы способны образовывать комплексы с нуклеиновыми кислотами, влиять на физические свойства, структуру и физиологические функции рибосом, а также на проницаемость клеточных мембран и поступление элементов питания в растения. Недостаток микроэлементов может резко повлиять как на величину урожая, так и на его качество. Из микроэлементов в молочной сыворотке содержатся в значительных количествах марганец, цинк, медь, кобальт, йод. Функции данных микроэлементов для растений [34] представлены в табл. 10.4.

Таблица 10.4. Биологические функции микроэлементов для растений

Микроэлемент	Функция микроэлементов
Марганец	Играет важную роль в образовании хлорофилла, в синтезе витамина С, повышает водоудерживающую способность тканей, снижает расход воды на транспирацию, ускоряет развитие растений. В первую очередь в нем нуждаются зерновые культуры, сахарная свекла, овощные, подсолнечник
Цинк	Выполняет важную роль в азотном обмене, участвует в активации ферментов, связанных с процессом дыхания, а также повышает устойчивость растений к сухим и жарким погодным условиям, бактериальным и грибковым заболеваниям
Медь	Выполняет важную роль в азотном обмене, участвует в активации ферментов, связанных с процессом дыхания, а также повышает устойчивость растений к сухим и жарким погодным условиям, бактериальным и грибковым заболеваниям
Кобальт	Действует на азотфиксирующую систему, способствует накоплению сахаров, жира и аскорбиновой кислоты в растениях. Положительное действие кобальта в первую очередь проявляется при достаточном обеспечении всеми остальными элементами питания
Йод	Принимает участие в регулировании деятельности ферментных систем, снижает пораженность болезнями томатов и овощных культур

Обеспеченность молочной сыворотки важными микроэлементами является одним из резервов ее использования в растениеводстве. Значительное содержание в молочной сыворотке комплекса биологически активных веществ способствует сбалансированному по химическим элементам питанию и активации микрофлоры ризосферы растений.

Своевременное обеспечение растений азотсодержащими соединениями не только увеличивает содержание белка в семенах пшеницы, но и изменяет их фракционный состав. В таких белках возрастает количество глиадинов и глютелинов, а также остаточного белка, в котором в значительных количествах содержатся незаменимые аминокислоты [36]. Существуют факты, подтверждающие зависимость всхожести семян от содержания в них белка. Семена, содержащие больше белка, обладают высокой энергией прорастания, полевой всхожестью и большей мощностью роста проростков [36, 37]. Присутствие аминокислот в свободном состоянии играет важную роль при прорастании семян, так как они в первую очередь используются для новообразования белка в начальных фазах перехода семян из состояния покоя к прорастанию.

Кроме того, углерод- и азотсодержащие соединения способствуют питанию и развитию микрофлоры почв. Микроорганизмы почвы и продукты их метаболизма являются ключевым фактором процесса почвообразования, круговорота биогенных веществ и самоочищения почвы. В качестве источников азота выступают белки, пептиды, аминокислоты, нитраты, аммонийные соединения и молекулярный азот. Кроме источников основных элементов-орга-

ногенов, зольных элементов и микроэлементов, многие микроорганизмы нуждаются в специфических веществах — факторах роста (витамины, аминокислоты, пуриновые основания).

Положительная направленность использования в растениеводстве регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки основывается во многом на управлении почвенной биотой путем направленного регулирования жизнедеятельности микроорганизмов в почве.

Это связано со следующими факторами:

- комплекс биологически активных веществ молочной сыворотки является стимулятором ризосферой и почвенной микрофлоры, от деятельности которой зависит большинство благоприятных процессов, протекающих в почве;
- повышение численности микроорганизмов — стимуляторов в ризосфере растений позволяет повысить коэффициент использования минеральных удобрений. В ризосфере растений возрастает доля микроорганизмов, способных синтезировать в прикорневой зоне экзогенные биологически активные вещества, активирующие корневое питание и обмен веществ, обеспечивающие повышение урожая и его качества;
- достигается повышение биологической активности почвы, что снижает почвоутомление, наблюдающееся при насыщении севооборотов культурами, после которых остаются трудномобилизуемые микрофлорой растительные остатки;
- создаются благоприятные режимы в почве, обеспечивающие оздоравливающие процессы противодействия фитопатогенным грибам, и это способствует сокращению объемов применения химических средств защиты растений.

Молочная сыворотка обладает комплексом биоантиоксидантов (аминокислоты, витамины), что может приводить к стабилизации процесса перекисного окисления липидов, повышению фактора стресс-устойчивости сельскохозяйственных растений при действии неблагоприятных факторов окружающей среды. При прорастании семян наряду с использованием имеющихся витаминов происходит интенсивное их образование. Усиленный синтез витаминов в это время обуславливается физиологической потребностью семян в них. Предпосевная обработка пшеницы витаминами В₁ и РР улучшает рост и развитие растений, повышает урожай озимой пшеницы на 20–25 %, никотиновая кислота заметно стимулирует прорастание семян кукурузы и рост проростков [38].

Содержащиеся в молочной сыворотке вещества антибиотической природы, (например, низин), могут противодействовать фитопатогенным грибам, а иммуномодуляторы (ангиогенин) — поддерживать иммунитет растений.

Таким образом, применение регуляторов растений на основе молочной сыворотки в растениеводстве, будет направлено на повышение эффективности земледелия в экономическом и экологическом планах. Это связано с решением актуальных проблем: поддержкой плодородия почвы, повышением эффективности питания растений с целью увеличения урожайности и охраны окружающей среды.

10.3.2. Получение и исследование комплексных препаратов на основе молочной сыворотки и ЭХА-воды с применением методов сорбции и ферментации

Для получения препарата использовали технологический прием разведения и раскисления молочной сыворотки ЭХА-водой при различных соотношениях. Для определения параметров посевных качеств семян (табл. 10.5) при воздействии на них препаратов использовали отраслевую методику [24].

Данные, представленные в табл. 10.5 свидетельствуют о том, что нативная молочная сыворотка не оказывает существенного влияния на ростовые процессы. Возможно, в этом случае играет фактор концентрации. При разведении молочной сыворотки как творожной, так

и подсырной ЭХА-водой наблюдается значительное увеличение ростостимулирующей активности.

Таблица 10.5. Влияние разведения молочной сыворотки ЭХА-водой на посевные качества семян пшеницы сорта Безостая 1

Варианты опыта	Посевные качества		Ростостимулирующая активность			
	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Длина корешка, см	Длина проростка, см	Масса корешка, г	Масса проростка, г
Контроль (вода без ЭХ-обработки)	90	91	5,60±0,28	5,00±0,25	2,80±0,14	3,20±0,01
Щелочная фракция ЭХА-воды	96	98	6,86±0,34	6,05±0,30	3,40±0,17	3,78±0,18
Творожная сыворотка	88	90	5,48±0,27	5,12±0,24	2,70±0,13	3,28±0,16
Подсырная сыворотка	90	90	5,80±0,29	5,20±0,26	3,08±0,15	3,35±0,14
Творожная сыворотка: ЭХА-вода при соотношении						
1 : 2	92	93		6,20±0,31	3,40±0,02	3,70±0,18
1 : 10	94	95	7,31±0,36	6,68±0,33	3,42±0,17	3,95±0,16
1 : 20	94	94	7,15±0,35	6,30±0,31	3,35±0,16	3,80±0,17
Подсырная молочная сыворотка: ЭХА вода при соотношении						
1 : 2	93	93	7,10±0,35	6,15±0,30	3,40±0,17	3,80±0,19
1 : 10	95	97	7,35±0,36	6,70±0,33	3,55±0,17	4,00±0,20
1 : 20	93	94	7,21±0,34	6,30±0,31	3,42±0,16	3,87±0,19

Наилучшие результаты достигнуты при соотношении компонентов молочная сыворотка: ЭХА вода — 1 : 10 (полив). При этом прирост в энергии прорастания составил 5–6 %; длины корешков 30–31 %; длины проростков 33–34 %; биомассы корешков 21–22 %; биомассы проростков 24–25 %.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что достаточно простой технологический прием разведения молочной сыворотки ЭХА-водой позволяет получить эффективный препарат с ростостимулирующей активностью и при этом экологически безопасный.

Технология препарата усовершенствована на основе использования фракционирования молочной сыворотки на компоненты сорбционными методами [24]. В качестве сорбента был использован природный полисахарид хитозан. Хитозану, а также препаратам на его основе, уделяется в настоящее время особое место в экологизации природной среды.

При обработке сыворотки хитозан является коагулянтom, и флокулянтom [39, 40]. Он может применяться в качестве сорбента при обработке экологически загрязненного молочного сырья с целью обеспечения его промышленной пригодности и безопасности.

Молочная сыворотка после сорбционной очистки ее коллоидным раствором хитозана была использована для получения комплексного препарата обладающего ростостимулирующей активностью для прорастания семян. Молочную сыворотку после сорбционной очистки

хитозаном смешивали с ЭХА-водой в разных соотношениях. Результаты исследований представлены в табл. 10.6.

Таблица 10.6. Влияние комплексного препарата на основе сорбционноочищенной молочной сыворотки и ЭХА-воды на посевные качества семян пшеницы сорта Безостая 1

Наименование вариантов	Посевные качества		Ростостимулирующая активность			
	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Длина корешка, см	Длина проростка, см	Масса корешка, г	Масса проростка, г
Контроль (вода без ЭХ-обработки)	90	91	5,60±0,28	5,00±0,25	2,80±0,14	3,20±0,16
Щелочная фракция ЭХА-воды	96	98	6,86±0,34	6,05±0,30	3,40±0,17	3,78±0,18
Подсырная молочная сыворотка	90	90	5,80±0,29	5,20±0,26	3,08±0,15	3,35±0,16
Подсырная молочная сыворотка: ЭХА-вода в соотношении 1:10	95	97	7,35±0,36	6,70±0,33	3,55±0,17	4,00±0,15
Молочная сыворотка после сорбции хитозаном (5% раствор)	97	98	7,30±0,36	6,80±0,34	3,62±0,18	4,12±0,20
Молочная сыворотка после сорбции хитозаном и разбавлении ЭХА-водой при соотношении 1:2	97	97	7,35±0,36	6,90±0,34	3,65±0,18	4,40±0,22
1:10	97	99	7,80±0,39	6,95±0,30	4,00±0,20	5,00±0,24
1:20	96	96	7,20±0,35	6,85±0,32	3,65±0,15	4,45±0,22

После получения комплексного препарата была проведена его стерилизация и стандартизация, результаты представлены в табл. 10.7 [24].

Таблица 10.7. Стандартизация комплексного препарата

Параметры	Показатели
Цвет	Бесцветная жидкость
Прозрачность	Прозрачный
pH	6,8–7,2
Содержание БАВ: — оптическая активность как D_{400}/D_{440}	0,89
Ростостимулирующая активность, %	97–99

Результаты исследований позволяют рекомендовать для стандартизации использование метода фотоэлектроколориметрии.



Рис. 10.2. Блок-схема теоретического обоснования использования молочной сыворотки в качестве сырьевого ресурса для получения регуляторов роста растений

В целом, применение сорбционной очистки молочной сыворотки хитозаном для удаления балластных примесей белков и липидов при последующем смешивании с ЭХА-водой при оптимальных соотношениях 1 : 10, обеспечивает получение препарата с высоким уровнем биологической активности.

10.3.3. Технология комплексного препарата из молочной сыворотки и экстрактов лекарственных растений

Технология получения препарата на основе растительных экстрактов и молочной сыворотки включает 9 стадий и представлена на рис. 10.3.

Стадия 1. Для подготовки растительного сырья надземную часть растений собирали в период цветения. Для этого надземную часть — траву, представленную листоносными и цветоносными стеблями травянистых растений, срезали специальным секатором на уровне нижних листьев, удаляли пожелтевшие и побуревшие листья и цветки, посторонние примеси, такие как земля, песок и другие. Содержание влаги свежесобранного растительного сырья составляет 57,0–75,0 %.

Стадии 2, 3. Траву растений консервировали в темноте при температуре 5–6 °С в холодильной камере 10–12 сут. До 80–85% листьев растений при консервации слегка желтели, 2,5–3% — бурели и чернели, были отбракованы, 17,5–18,5% сохраняли зеленую окраску. Выход растительного сырья после стадии консервации составляет 97–97,5%. По истечении срока консервации растительный материал обмывали дистиллированной водой и высушивали при температуре 18–22 °С на стеллажах в течение 28–36 ч, предварительно измельчив до размеров 5–8 см. При сушке на стеллажах соблюдали условие пространственной изоля-

ции, чтобы растения различных видов не смешивались и не соприкасались друг с другом. Окончание процесса сушки растительного сырья было определено анализом на содержание влаги, значение которой составляет 11–17 %. При этом листья легко перетираются на ладони, а стебли травы легко ломаются.

Стадия 4. Измельчение растительного сырья осуществляется на лабораторной мельнице в течение 30 мин до размера частиц 0,4–0,5 мм. Выход растительного сырья на данной стадии составляет 99–99,5 %.

Стадия 5. Для экстрагирования биологически активных веществ из растительных объектов растительное сырье заливали нагретой до 80–85 °С дистиллированной водой (соотношение твердой и жидкой фаз 1 : 10) и экстрагировали в перегонной системе с обратным холодильником в течение 2 ч при температуре 80–85 °С.

Стадия 6. Для отделения растительных белков и других балластных примесей, инактивации ферментов проводили процесс термоденатурации экстракта, сопровождающийся образованием осадка при последующем охлаждении и затем его удалении центрифугированием. Термоденатурацию балластных веществ проводили при температуре 88–93 °С в течение 30 мин.

Стадия 7. В полученный растительный экстракт добавляли аэросилогель, являющийся кремнеземсодержащим адсорбентом до концентрации 0,2–0,25 % и способствующий удалению балластных высокомолекулярных биополимеров (белков), а также улучшению прозрачности экстракта. Экстракт, содержащий мелкодисперсный осадок, центрифугировали при 5000 об/мин в течение 30 минут при комнатной температуре.



Рис. 10.3. Схема получения биопрепаратов на основе растительных экстрактов и молочной сыворотки

Стадия 8. Ферментацию растительного экстракта творожной молочной сывороткой проводили в течение 30 минут при различных соотношениях экстракт:молочная сыворотка и температуре активирования 20, 35, 50 °С.

Стадия 9. Стерилизацию биологически активного препарата проводили автоклавированием при 120 °С и давлении 0,098 МПа — режимах стерилизации фармацевтических препаратов.

Практическая реализация результатов исследований приведена в главе 22, в плане использования молочной сыворотки.

10.4. Модификация молочной сыворотки эхинацеей пурпурной

На этой же теоретической базе [24, 28] Е. М. Головкиной [41] рассмотрен вопрос получения препаратов для земледелия на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной.

10.4.1. Исследование процесса экстракции эхинацеи пурпурной

В задачу исследований [41] входило получение экстрактов растительного происхождения, содержащих в качестве действующих веществ фенольные соединения — фенольные кислоты, антоцианы, дубильные вещества, флавоноиды.

Для получения экстрактов, содержащих гидроксикоричные кислоты, в качестве растительных объектов в результате скрининга из 22 видов растений отобраны 6 лекарственных и пищевых растений: эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L. *moench*), змееголовник молдавский (*Dracosephalum moldavica* L.), амарант белосемянный (*Amaranthus leukospermus*), меласса лекарственная (*Melissa officinalis* L.), донник белый (*Melilotus album*), а также предложено использование листьев винограда сортов: «Восторг», «Молдова», «Левокумский устойчивый», «Ливадийский черный».

Ключевой стадией разработанной технологии получения препарата из эхинацеи пурпурной является экстракция действующих веществ — гидроксикоричных кислот. При оптимизации параметров процесса экстракции биологически активных веществ в качестве изучаемых факторов были исследованы: соотношения масс фитосырья и экстрагента (x_1 — 1 : 25; 1 : 50; 1 : 75), температура (x_2 — 50, 60, 70 °С) и продолжительность (x_3 — 30, 60, 120 мин).

В результате математической обработки экспериментальных данных были получены адекватные уравнения регрессии в соответствии с изучаемыми факторами:

$$y_1 = -0,11 + 0,002x_1 + 1,81x_2, \quad (10.1)$$

$$y_2 = -0,17 + 0,003x_1 + 2,79x_2, \quad (10.2)$$

$$y_3 = -0,17 + 0,004x_1 + 1,29x_2, \quad (10.3)$$

Анализ уравнений показывает, что фактор соотношения масс растительного фитосырья и экстрагента, а также температурный режим экстракции оказывают доминирующее влияние на выход гидроксикоричных кислот при получении фитопрепарата из эхинацеи пурпурной.

Применение методов нейроно-сетевого моделирования позволило установить оптимальные параметры экстракции гидроксикоричных кислот из эхинацеи пурпурной: соотношение фитосырья с экстрагентом — 1 : 25, температура — 70 °С, продолжительность — 60 мин [41].

Проведены исследования сырья из эхинацеи пурпурной по содержанию основных питательных компонентов и биологически активных веществ, что представлено в табл. 10.8 [41].

Таблица 10.8. Основные качественные показатели сырьевого источника — травы эхинацеи пурпурной

Показатели	Содержание, %
Сухие вещества	(95–96)±4,8
Протеин	10,3±0,5
Редуцирующие сахара	4,8±0,24
Целлюлоза	17,8±0,9
Сумма зольных элементов	10,5±0,5
Лигнин	0,08±0,004
Флавоноиды	0,42±0,02
Гидроксикоричные кислоты	2,0±0,1

Изучено содержание биологически активных веществ в препаратах из эхинацеи пурпурной методом тонкослойной хроматографии на пластинах *Silufol UV-254* в системе растворителей: бутанол — муравьиная кислота — вода (18 : 2 : 9). По результатам хроматографических исследований идентифицированы гидроксикоричные, янтарная и яблочная кислоты, что показано на рис. 10.4.

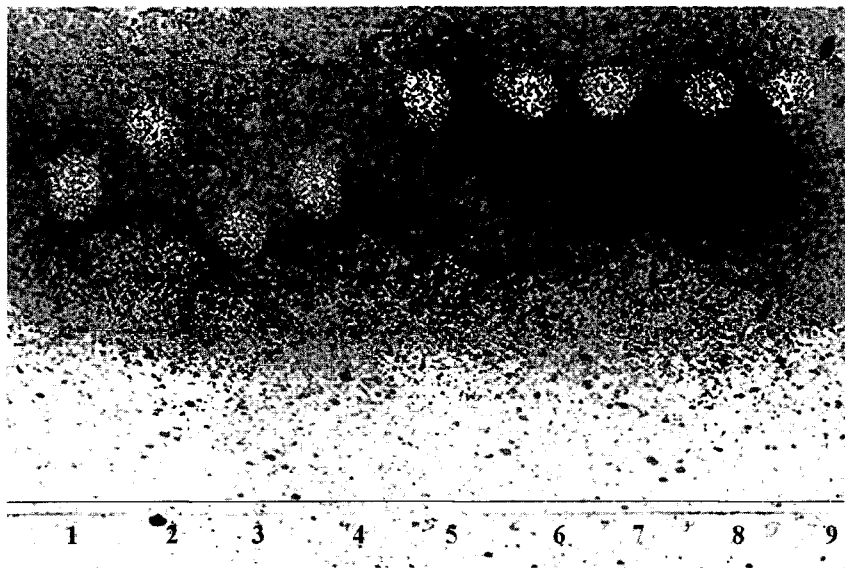


Рис. 10.4. Тонкослойная хроматография препаратов из эхинацеи пурпурной: 1 — лимонная кислота; 2 — янтарная кислота; 3 — аскорбиновая кислота; 4 — яблочная кислота; 5 — коричная кислота (эталон); 6,7,8 — гидроксикоричные кислоты препарата из эхинацеи пурпурной; 9 — гидроксикоричные кислоты CO_2 -экстракта из эхинацеи пурпурной

На основе проведенных исследований разработана технология получения препаратов из эхинацеи пурпурной (аналогично стевии). На рис. 10.5 представлена схема получения пищевой добавки из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой.

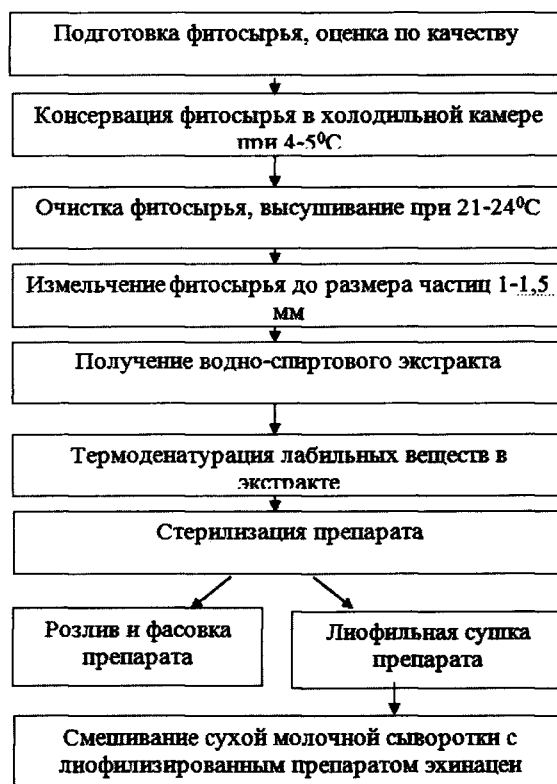


Рис. 10.5. Схема технологии получения пищевой добавки из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой

10.4.2. Изучение химического состава и биологической активности пищевой добавки из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой

В табл. 10.9 представлены данные по химическому составу препарата, полученного из фитосырья эхинацеи пурпурной [41].

Таблица 10.9. Химический состав пищевой добавки из эхинацеи пурпурной

Наименование	Показатели
Внешний вид	Жидкость светло-коричневого цвета со специфическим запахом
Прозрачность	Прозрачный
Значение pH	6,5–7,0
Содержание БАВ, %:	
гидроксикоричные кислоты;	0,12±0,01
флавоноиды;	2,7±0,04
дубильные вещества;	2,9±0,15
антоцианы	0,3±0,01

Окончание табл. 10.9

Наименование	Показатели
Микроэлементы, г/л:	
медь	$35 \cdot 10^{-6}$
цинк	$115 \cdot 10^{-6}$
никель	$16 \cdot 10^{-6}$
марганец	$60 \cdot 10^{-6}$
магний	$450 \cdot 10^{-3}$
молибден	$2,3 \cdot 10^{-6}$
кобальт	$1,0 \cdot 10^{-6}$

На основании экспериментальных исследований установлено, что препараты по химическому составу содержат комплекс биологически активных веществ, разнообразный микроэлементный состав, в котором преобладают такие химические элементы, как магний, цинк, марганец, роль которых чрезвычайно важна для роста растений.

В фитопрепарате из эхинацеи пурпурной на приборе «Капель-105» с использованием программы МультиХром методом капиллярного электрофореза было определено содержание органических кислот. Хроматограмма по определению органических кислот представлена на рис. 10.6 [41].

В табл. 10.10 представлены данные по определению органических кислот в экстракте из эхинацеи пурпурной [41].

Таблица 10.10. Содержание органических кислот в экстракте эхинацеи пурпурной

Название кислоты	Значения показателей, мг/л
Молочная кислота	181
Лимонная кислота	117
Уксусная кислота	62
Яблочная кислота	56

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в фитопрепарате в наибольшем количестве содержится молочная кислота и лимонная кислота, в наименьшем количестве — уксусная и яблочная кислоты.

В табл. 10.11 представлены данные исследований состава сухой молочной сыворотки и пищевых добавок на растительной основе из эхинацеи пурпурной и в сочетании с молочной сывороткой (содержание лиофилизированной формы эхинацеи пурпурной — 20 %) [41].

Таблица 10.11. Состав пищевых добавок на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной

Наименование	Сухая молочная сыворотка	Пищевые добавки	
		Эхинацея пурпурная	Эхинацея пурпурная + молочная сыворотка
Сухие вещества, %	95,0	97,5	97,0
Влага, %	5,0	2,5	3,0
Белок, %	14,0	6,0	12,4
Углеводы, %	76,0	5,0	63,0
Минеральные вещества, %	8,0	4,0	6,0
Органические кислоты, витамины	2,0	1,0	1,8
Флавоноиды, %	—	40,0	8,0
Дубильные вещества, %	—	43,0	8,6
Гидроксикоричные кислоты, %	—	1,0	0,20

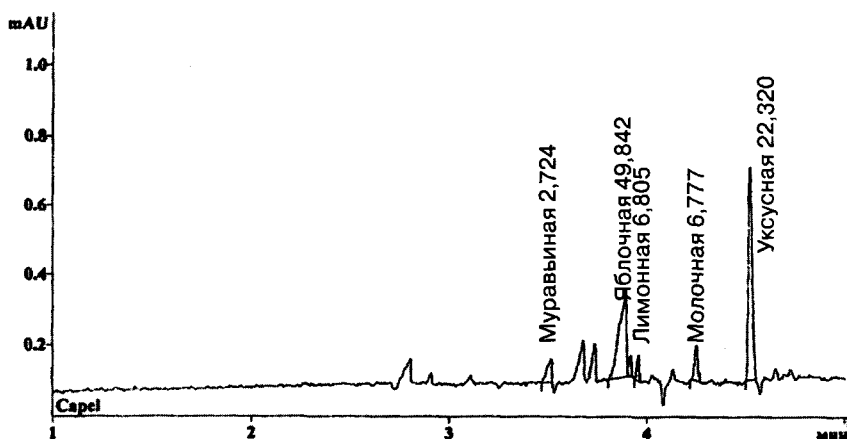


Рис. 10.6. Хроматограмма экстракта эхинацеи пурпурной

Пищевая добавка из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой содержит комплекс питательных веществ и БАВ, что особенно ценно для применения в функциональном питании.

В табл. 10.12 представлены данные оптической плотности, которые необходимы для стандартизации препаратов [41].

Таблица 10.12. Оптическая плотность и фотометрический показатель препарата из эхинацеи пурпурной

Номер светофильтра	Длина волны, нм	Оптическая плотность
1	315	0,01±0,0005
2	360	0,90±0,045
3	400	1,90±0,095
4	440	0,77±0,039
5	490	0,62±0,031
6	540	0,37±0,019
7	582	0,40±0,020
8	600	0,40±0,020
Фотометрический показатель D_{360}/D_{400}		0,47±0,024

Результаты, представленные в таблице, а также проведенные расчетные данные показывают, что для препаратов, полученных из эхинацеи пурпурной, характерен фотометрический показатель $D_{360}/D_{400} \geq 0,47$. Препарат из эхинацеи пурпурной, как показывают проведенные исследования, отличается разнообразием химического состава. Для подтверждения содержания полифенольных соединений в препарате были изучены спектры поглощения в диапазоне 200–400 нм на спектрофотометре СФ-26. Указанный спектр поглощения препарата из эхинацеи пурпурной представлен на рис. 10.7 и характеризуется максимумом поглощения 210–220 нм, характерного для полифенольных соединений [41].

Изучена биоантиоксидантная активность разработанных препаратов из эхинацеи пурпурной [41]. Состояние антиокислительной системы в растительных и животных организмах, ее целостность и пластичность отражает способность организма реагировать на изменяющиеся

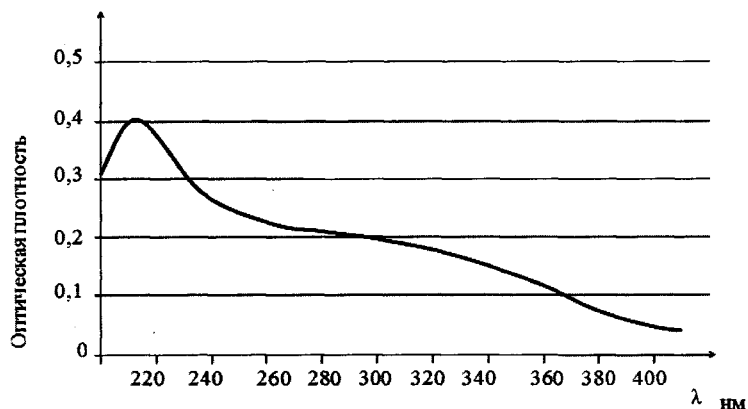


Рис. 10.7. Спектральная кривая поглощения препарата из эхинацеи пурпурной

условия внешней среды, поддерживать гомеостаз при действии неблагоприятных факторов внешней среды. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) постоянно протекает в любой живой клетке и является необходимым условием ее нормальной жизнедеятельности [81, 64].

Проведены сравнительные исследования биоантиоксидантной активности некоторых известных биологически активных веществ, проявляющих антиокислительную активность — витаминов, аминокислот, трипептида глутатиона и препарата растительного происхождения из эхинацеи пурпурной. С целью определения антиоксидантной активности использован метод на основе реакции торможения гидроксирования анилина до пара-аминофенола с определением продуктов фотометрическим методом в соответствии с методикой, предложенной в литературе [21].

В табл. 10.13 представлены данные по антиоксидантной активности биологически активных соединений. Для сравнительного анализа антиоксидантных свойств приведен показатель $I_{c_{50}}$ — характеризующий максимальную концентрацию антиоксиданта при 50 % ингибировании гидроксильных радикалов, которые образуются в реакции Фентона [41].

Таблица 10.13. Сравнительные данные по антиоксидантной активности биологически активных веществ

Наименование	Ингибирование ОН-радикала, %	Индекс ингибирования $I_{c_{50}}$ —, мкм
Препарат из эхинацеи пурпурной	89	0,89
Экстракт корня солодки голой	83	1,11
Глутатион	96	0,71
Метионин	32	0,86
Витамин С	93	0,75
Ионол	95	0,74

Наибольшую антиоксидантную активность имеют трипептид глутатион, витамин С. Препарат из эхинацеи пурпурной обладает выраженными антиоксидантными свойствами. Антиоксидантные свойства препарата, по-видимому, объясняются комплексным эффектом присутствия в нем фенольных соединений — гидроксикоричных кислот, кумаринов, флавоноидов. Антиоксидантное действие фенольных соединений связано с их способностью поглощать свободные радикалы, образующиеся в результате ПОЛ, или хелатировать ионы металлов, катализирующие процессы окисления, что согласуется с данными литературы [46].

Проведены исследования антимикробной активности препарата из эхинацеи пурпурной. В табл. 10.14 представлены данные по оценке чувствительности к тест-культурам микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* [41]. Для сравнительных исследований в качестве антимикробного препарата использовали 0,01 % раствор мирамистина. В эксперименте применяли две дозы микроорганизмов для получения достоверных результатов.

Таблица 10.14. Антимикробная активность препарата из эхинацеи пурпурной

Наименование микроорганизма	Размеры зоны задержки роста микроорганизмов, мм, при посевной дозе, КОЕ/мл			
	10 ⁸	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴
	Препарат из эхинацеи пурпурной		Мирамистин	
<i>Escherichia coli</i>	12,4	13,2	12,6	13,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14,8	16,9	15,2	17,1

Результаты исследований показали, что зоны задержки роста микроорганизмов зависят от их вида, посевной дозы и действия противомикробного препарата. Препарат из эхинацеи пурпурной обладает антимикробной активностью по отношению к изучаемым штаммам тест-культур.

Определена общая токсичность фитопрепарата из эхинацеи пурпурной в сравнении с высокотоксичными экстрактами растений по экспресс-методике биотестирования на приборе «Биотестер-2». Оценка результатов исследований проводили по установленным для данного метода индексам токсичности:

индекс допустимой токсичности — 0,00–0,4;

индекс умеренной токсичности — 0,41–0,70;

индекс высокой токсичности — 0,71 и выше.

В табл. 10.15 представлены результаты исследований экстракта эхинацеи пурпурной в сравнении с высокотоксичными экстрактами дикорастущей флоры — молочай солнечный, щирца запрокинутая, ромашка непахучая [41].

Таблица 10.15. Данные исследований по уровню общей токсичности экстрактов некоторых растений

Наименования растений	Индекс токсичности	Уровень токсичности
Эхинацея пурпурная	0,09–0,11	Не токсичен
Молочай солнечный	0,96–0,98	Высокая
Щирца запрокинутая	0,97–0,99	Высокая
Ромашка непахучая	0,90–0,92	Высокая

Разработанная технология получения пищевых добавок из эхинацеи пурпурной и молочной сыворотки обеспечивает получение средств, стандартных по составу и биоантиоксидантным свойствам, сохраняющих стабильный уровень противомикробной активности. Для оценки качества и безопасности пищевой добавки из эхинацеи пурпурной и молочной сыворотки были проведены исследования по действующим требованиям СанПиН.

10.4.3. Токсикологическая оценка пищевых добавок из эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой

В соответствии с санитарными правилами и нормами проведены токсикологические исследования пищевых добавок (ПД) на основе эхинацеи пурпурной и в ее сочетании с молочной сывороткой. Результаты представлены в табл. 10.16.

Таблица 10.16. Исследование содержания токсических элементов в пищевых добавках из эхинацеи пурпурной и в ее сочетании с молочной сывороткой

Показатели, регламентируемые для пищевых добавок	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Содержание в ПД, мг/кг,	
	Сухие ПД	Эхинацея пурпурная (ЛФ)	Эхинацея пурпурная + молочная сыворотка (ЛФ)
Токсические элементы:			
свинец	6,0	0,5	1,0
мышьяк	0,5	—	0,01
кадмий	1,0	0,2	0,3
ртуть	0,1	—	—
Пестициды:			
гексахлорциклогексан	—	—	—
ДДТ и его метаболиты	—	—	—
Радионуклиды:			
цезий-137,	200 Бк/кг	—	—
стронций-90	100 Бк/кг	—	—

Полученные показатели не превышают норм СанПиН.

В табл. 10.17 приведены микробиологические показатели препаратов.

Таблица 10.17. Исследование содержания микрофлоры в пищевых добавках из эхинацеи пурпурной и в ее сочетании с молочной сывороткой

Продукт	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускается				КОЕ/г, не более	
		БГКП	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	Патогенные (сальмо- неллы)	Дрожжи	Плесени
ПД на растительной основе	$1 \cdot 10^4$	0,1	1,0	1,0	10	100	100
Эхинацея пурпурная	$0,5 \cdot 10^4$	0,01	0,2	0,09	3	24	33
Эхинацея пурпурная + молочная сыворотка	$0,6 \cdot 10^4$	0,01	0,6	0,2	3	20	67

В целом, разработанные пищевые добавки на основе эхинацеи пурпурной в сочетании с молочной сывороткой полностью отвечают санитарно-гигиеническим требованиям и могут быть использованы в технологиях пищевых продуктов и земледелии. Подробное описание реализации разработанных технологий полученных препаратов приведено в главе 22.

10.5. Резюме по главе 10

Модификация молочной сыворотки, путем ее использования в процессах экстракции, представляет не только познавательный, но и практический интерес. Здесь возможны технологические прорывы, как это доказано на ультрафильтрах творожной сыворотки исследованиями Е. И. Мельниковой, докторская диссертация которой отмечена ВАК РФ и рекомендована к публикации, как выдающийся научный труд. Безусловно, это подтверждает феномен молочной сыворотки, как объекта биотехнологических исследований. Еще более захватывающие перспективы открываются при модификации молочной сыворотки для земледелия. Здесь необходимо вспомнить (свидетельствую как очевидец), что по просьбе академика Н. Н. Липатова мэтр земледелия, академик ВАСХНИЛ А. Х. Саркисов весьма позитивно расценивал возможность применения биопрепаратов на основе молочной сыворотки для «лечения земли-матушки», например, от фузариоза. Предварительные наблюдения в ряде научных коллективов по использованию молочной сыворотки для стимулирования прорастивания зерна и синтеза нутриентов показали явную эффективность в сравнении с водой. В целом биологический потенциал молочной сыворотки в направлении модификации экстракцией (растворение, стимуляция) не исчерпан.

10.6. Литература к главе 10

1. Мельникова, Е. И. Исследование биотехнологического потенциала творожной сыворотки: модификация химического состава, прогнозирование качества и новые технологические решения [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Мельникова Елена Ивановна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2007. — 458 с.
2. Полянский, К. К. Натуральные и искусственные подсластители. Свойства экспертиза качества [Текст]: монография/К. К. Полянский, О. Б. Рудаков, Г. К. Подпорова и др. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 252 с.
3. Зобкова, З. С. Новые экстрагенты для нетрадиционных источников пищевого сырья [Текст]/З. С. Зобкова, С. А. Щербакова//Пищевая пром-сть. — 2001. — № 11. — С. 34–35.
4. Мельникова Е. И. Творожная сыворотка: опыт переработки и новые технологические решения [Текст]: монография/Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская, Л. В. Голубева. — Воронеж: ВГТА, 2009. — 236 с.
5. Мельникова Е. И. Сенсорометрический анализ и нейросетевые технологии в оценке качества молочно-содержащих продуктов [Текст]: монография/Е. И. Мельникова, Я. И. Коренман, С. И. Нифталиев, С. Е. Босва. — Воронеж: ВГТА, 2009. — 202 с.
6. Зобкова, З. С. Экстракция пищевых компонентов из амаранта [Текст]/З. С. Зобкова, В. Д. Харитонов, С. А. Щербакова//Пищевая пром-сть. — 2001. — № 8. — С. 36–37.
7. Зобкова, З. С. Новые нетрадиционные источники питания и способы их получения [Текст]/З. С. Зобкова, С. А. Щербакова//Молочная пром-сть. — 2002. — № 2. — С. 27–28.
8. Мельникова, Е. И. Экстрагирование дитерпеновых гликозидов из листьев стевии [Текст]/Е. И. Мельникова, С. И. Нифталиев, С. Е. Светолунова, Я. И. Коренман//43 науч. конф. ВГТА за 2004 г. — Воронеж, 2005. — Ч. 1. — С. 202.
9. Мельникова, Е. И. Новый экстрагент для извлечения дитерпеновых гликозидов стевии [Текст]/Е. И. Мельникова, С. Е. Светолунова, С. И. Нифталиев, И. И. Дубовской, Я. И. Коренман//III Межд. конф. «Экстракция органических соединений». — Воронеж, 2005. — С. 82.
10. Korenman, Ya. I. Extraction of physiologically valuable Stevia Rebaudiana components and analysis of extracts by the capillary electrophoresis and HPLC methods [Text]/Ya. I. Korenman, E. I. Mielnikowa, S. I. Niftaliev, I. I. Dubovskoy, S. E. Boeva//International Congress on Analytical Sciences. — Moscow, 2006. — V. 2. — P. 426–427.
11. Мельникова, Е. И. Исследование эквивалентной сладости концентрата сладких веществ стевии [Текст]/Е. И. Мельникова, Л. В. Голубева, О. Н. Гринько//Сб. «Кафедра технологии молока и молочных продуктов МГУПБ 60 лет». — Москва, 2005. — С. 122–123.
12. Коренман, Я. И. Исследование эквивалентной сладости экстракта стевии [Текст]/Я. И. Коренман, Е. И. Мельникова, С. Е. Светолунова//Всерос. конф. «Пищевая промышленность: интеграция науки, образования и производства». — Краснодар, 2005. — С. 330–331.
13. Коренман, Я. И. Пищевые компоненты стевии в экстракте на основе ультрафильтрата творожной сыворотки [Текст]/Я. И. Коренман, С. Е. Светолунова, Е. И. Мельникова, С. И. Нифталиев//Изв. вузов. Пищевая технология. — 2006. — № 1. — С. 16–18.
14. Коренман, Я. И. Определение пищевых компонентов стевии в экстракте на основе ультрафильтрата творожной сыворотки [Текст]/Я. И. Коренман, Е. И. Мельникова, С. И. Нифталиев, С. Е. Светолунова//Изв. вузов. Пищевая технология. — 2005. — № 5–6. — С. 70–72.
15. Нечасев, А. П. Пищевая химия [Текст]/А. П. Нечасев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова//СПб.: ГИОРД, 2004. — 640 с.
16. Идз, М. Д. Витамины и минеральные вещества: Полный медицинский справочник [Текст]/М. Д. Идз//СПб.: Комплект, 1995. — 503 с.
17. Комов, В. П. Биохимия [Текст]/В. П. Комов, В. Н. Шведова//М.: Дрофа, 2004. — 638 с.
18. Лисицын, В. Н. Стевия — источник здоровья и долголетия нации [Текст]/В. Н. Лисицын, И. П. Ковалев//Пищевая пром-сть. — 2000. — № 5. — С. 38.
19. Комисаренко, Н. Ф. Дитерпеновые гликозиды и фенилпропаноиды листьев стевии [Текст]/Н. Ф. Комисаренко, А. И. Деркач, И. П. Ковалев//Растительные ресурсы. — 1994. — № 1–2. — С. 53–54.

20. Сергеев, В. Н. Биологически активное растительное сырье в пищевой промышленности [Текст]/В. Н. Сергеев, Ю. И. Кокаев//Пищевая пром-сть. — 2001. — № 6. — С. 28–29.
21. Толкунова, Н. Н. Влияние экстрактов лекарственных растений на развитие микроорганизмов [Текст]/Н. Н. Толкунова, А. Я. Бидюк//Пищевая пром-сть. — 2002. — № 8. — С. 70–71.
22. Шкарина, Е. И. О влиянии биологически активных веществ на антиоксидантную активность фитопрепаратов [Текст]/Е. И. Шкарина, Т. В. Максимова//Хим.-фарм. журн. — 2001. — № 6. — С. 40–47.
23. Яшин, А. Я. Экспрессный электрохимический метод анализа антиоксидантной активности пищевых продуктов [Текст]/А. Я. Яшин, Я. И. Яшин, Н. И. Черноусова, В. П. Пахомов//Пиво и напитки. — 2004. — № 6. — С. 32–34.
24. Плющ, Е. В. Разработка технологии получения из молочной сыворотки регуляторов роста растений с использованием электроактивированной воды, процессов сорбции и ферментации [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.07/Плющ Елена Валентиновна — Ставрополь, 2005. — 150 с.
25. Головкина, Е. М. Разработка биотехнологии пищевой добавки и регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной: автореф. Дисс... к. т. н. [Текст]/Головкина Елена Михайловна. — Ставрополь, 2008. — 23 с.
26. Брыкалов, А. В. Получение биопрепаратов на основе методов аффинной сорбции и иммобилизации: Дисс. ... д-ра хим. наук/Брыкалов Анатолий Валерьевич. — СПб, 1993. — 330 с.
27. Брыкалов, А. В. Применение сорбентов в биотехнологии получения регуляторов роста растений [Текст]/А. В. Брыкалов, Е. М. Головкина, Н. В. Кривошеев//Фундаментальные исследования. — 2007. — № 1. — С. 36–37.
28. Храмцов, А. Г. Биотехнология препаратов из молочной сыворотки с ростостимулирующей активностью [Текст]/А. Г. Храмцов, А. В. Брыкалов, Е. В. Плющ, Л. Р. Алиева//Эволюция и деградация почвенного покрова/Матер. 2-й Всерос. научн. конф. — Ставрополь, 2002. — Том 1. — С. 35–36.
29. Дмитриев, А. М. Стимуляция роста растений [Текст]/А. М. Дмитриев, Л. К. Страцкевич. — Минск: Ураджай, 1986. — 116 с.
30. Никелл, Л. Дж. Регуляторы роста растений [Текст]/Л. Дж. Никелл. — М.: Колос, 1984. — 116 с.
31. Брыкалов, А. В. Антигрибная активность биопрепаратов из лекарственных растений [Текст]/А. В. Брыкалов, Ю. А. Безгина//Матер. междунар. научно-практич. конф. — Орел, 1998. — С. 97–98.
32. Шевелуха, В. С. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве [Текст]/В. С. Шевелуха, В. М. Ковалев, И. К. Блиновский и др.//Вестник с.-х. науки. — 1985. — № 9. — С. 88–95.
33. Бабьева, И. П. Биология почв: учебник [Текст]/И. П. Бабьева, Г. М. Зенова; под ред. Д. Г. Звягинцева. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 336 с.
34. Подколзин, А. И. Микроэлементы в земледелии юга России [Текст]/А. И. Подколзин, В. И. Демкин, А. В. Бурлай. — Ставрополь, 2002. — 352 с.
35. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений [Текст]/М. Я. Школьник. — Л.: Наука, 1974. — 323 с.
36. Овчаров, К. Е. Физиология формирования и прорастания семян [Текст]/К. Е. Овчаров. — М.: Колос, 1976. — 256 с.
37. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян [Текст]/Под ред. А. Кап. — М.: Наука, 1982. — 318 с.
38. Генкель, К. М. Влияние предпосевной обработки семян люпинцы витамином РР и фтористым натрием на изменение белка в семенах [Текст]/К. М. Генкель//Физиология растений. — 1970. — Т. 17. — Вып. 3. — С. 605–609.
39. Алиева, Л. Р. Осветление молочной сыворотки хитозаном [Текст]/Л. Р. Алиева, И. А. Евдокимов, С. В. Василев//Современные достижения биотехнологии/Матер. 2-й Всерос. научно-технич. конф. — Ставрополь, 2002. — Том 2. — С. 68–70.
40. Алиева, Л. Р. Разработка технологии напитков из молочной сыворотки с применением хитозана: автореф. дисс... к. т. н. [Текст]/Алиева Людмила Руслановна. — Ставрополь, 2002. — 24 с.
41. Головкина, Е. М. Разработка биотехнологии пищевой добавки и регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной: дисс... к. т. н. [Текст]/Головкина Елена Михайловна. — Ставрополь, 2008. — 170 с.
42. Ланкин, В. З. Метаболизм липоперекисей в тканях млекопитающих [Текст]/В. З. Ланкин//Биохимия: липиды и их роль в обмене веществ. — М.: Наука, 1981. — С. 75–78.

43. Зенков, Н. М. Активированные кислородные метаболиты в биологических системах [Текст]/Н. М. Зенков, Е. Б. Мельников//Успехи современной биологии. — 1993. — Т. 113. — Вып. 3. — С. 286–298.
44. Брыкалов, А. В. Биоантиоксидантные свойства препаратов из макеи сердцевидной и солодки голой [Текст]/А. В. Брыкалов, Е. В. Белнк//Матер. Всерос. конф. по биотехнологии/Ставроп. ГСХА. — Ставрополь, 1999. — С. 101–102.
45. Лукандин, А. В. Общий механизм приспособления организма под влиянием полифенольных адаптогенов [Текст]/А. В. Лукандин//Успехи физиологических наук. — 1991. — Т. 22. — № 7. — С. 20–29.
46. *Formica, J. V. Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids [Text]/J. V. Formica, W. Reyelson//F. d. chem. Toxic. — 1995. — Vol. 33. — N 12. — P. 1061–1080.*

Глава 11

Микропартикуляция белков молочной сыворотки

11.1. Общие положения

Следует сразу обратить внимание, что за данным термином [1], пока малоизвестным даже узким профессионалам, стоит совершенно тривиальное понятие — выделение сывороточных белков ультрафильтрацией или отвариванием (тепловая денатурация) с последующей направленной обработкой: нагревание и механическое воздействие с целью микрогранулирования, в т. ч. в виде нанотрубок. В общем виде, на уровне работы с полипептидной цепочкой сывороточных белков как нанокластеров, изящность операции микропарткулирования можно представить в виде схемы, изображенной ниже (рис. 11.1).

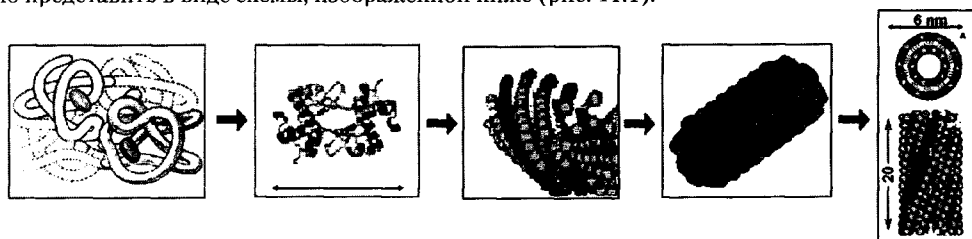


Рис. 11.1. Формирование структуры нанотрубок из глобул белков молочной сыворотки

Именно эта операция придает уникальные свойства т.н. «альбуминному молоку (массе, творогу)» и открывает совершенно новые возможности использования белков молочной сыворотки. За рубежом эта технология отработана [1] и реализована [2] на уровне заменителей жира. В нашей стране к данной проблеме прикоснулись в КемТИПП (школа проф. Л. А. Ост-

роумова) в диссертации С. В. Манылова [3] под руководством проф. И. А. Смирновой. Ниже кратко излагаются любезно представленные проректором КемТИПП по научной работе, проф. А. Ю. Просяковым материалы, которые по нашему мнению имеют непосредственное отношение к заявленному названию главы.

11.2. Получение заменителей жира на основе денатурированных белков молочной сыворотки

По имеющейся информации наиболее популярным белковым имитатором жира в настоящее время является *Simplese*®-100, полученный на основе концентрата денатурированных сывороточных белков (КДСБ). Известно [3], что еще в 1984 г. канадские изобретатели Норманн С. Синглер, Шои Ямамото и Джозеф Лателла подали заявку в патентное бюро США на *Simplese*®. Согласно [4], *Simplese*® является вторичным молочным продуктом, полученным из яичного белка и/или концентрата молочной сыворотки в процессе микрогранулирования. По сравнению с настоящим жиром калорийность *Simplese*®-100 в 3 раза меньше. *Simplese*®, как и другие белковые имитаторы жира, не выдерживает нагревания свыше 100 °С и не может быть использован для жарения [5].

Состав и пищевая ценность *Simplese*®-100 не отличаются от обычного концентрата сывороточного белка. В технологии производства *Simplese*®-100 не используются вещества, которые могут изменить его происхождение. Продукт имеет маркировку «концентрата сывороточного белка», его состав и свойства представлены в табл. 11.1 [6].

Таблица 11.1. Свойства КДСБ марки *Simplese*®-100

Характеристика продукта	Значение
Химические свойства	
Массовая доля белка, %	53,0
Массовая доля жира, не более, %	4,5
Массовая доля лактозы, %	36,0
Массовая доля влаги, не более, %	4,0
Органолептические свойства	
Внешний вид	Порошок
Цвет	От белого до светло-кремового
Вкус	Легкий привкус кипяченого молока
Технические свойства	
Дозировка, %	0,5–5,0
Маркировка	«Концентрат сывороточного белка»; «Молочный белок»
Срок хранения	Не менее 18 месяцев в сухом прохладном месте

Simplese®-100 легко диспергируется и быстро растворяется без применения специального оборудования или технологий. Порошок *Simplese*®-100 вводится в рецептурную смесь при наличии достаточного количества воды, желательнее, чтобы содержание сухих веществ было менее 40%. В жировых системах порошок *Simplese*® должен быть гидратирован в водной

фазе до внесения жира или масла. Тем не менее, проблем полного восстановления влагоудержания в разбавленных жировых эмульсиях, таких как цельное молоко или сливки, не возникает [6, 7].

Основы технологии КДСБ. Блок-схема получения КДСБ на примере *Simplese®-100* [6] в системе производства твердых сыров показана на рис. 11.2.

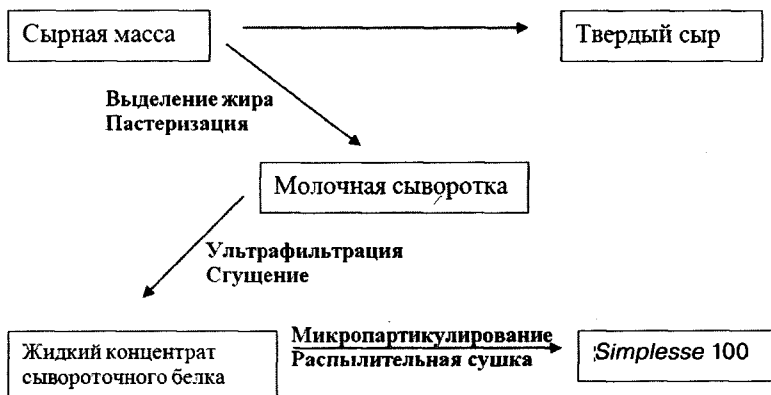


Рис. 11.2. Блок-схема производства твердых сыров *Simplese®-100* [6]

Непосредственно технология получения КДСБ должна включать следующие операции: сбор подсырной сыворотки, выделение жира и казеиновой пыли, пастеризация, фракционирование методом ультрафильтрации, сгущение концентрата сывороточных белков на вакуум-выпарной установке с минимально возможной коагуляцией белка до массовой доли сухих веществ, позволяющей успешно провести формирование микрочастиц. Формирование микрочастиц происходит в процессе нагревания концентрата сывороточного белка выше температуры денатурации белка в условиях сильного сдвига.

При нагревании раствора термически коагулируемых белков, составляющие их молекулы денатурируют (разворачиваются), а затем начинают собираться в одно целое [7]. Вместо образования пространственной желированной сетки коагулированного белка, белки *Simplese®* образуют микрочастицы и никогда не образуют геля [6]. Норманн Синглер сравнивал процесс образования молекул с «наматыванием макарон на вилку».

Процесс молекулярной агрегации начинается с димеров, и при дальнейшем нагревании может продолжаться до тех пор, пока все молекулы белка не объединятся. Однако было обнаружено, что эта самопроизвольная тенденция к агрегации может быть остановлена в микрометрических пределах путем приложения усилия сдвига достаточной интенсивности в процессе нагревания. Такой процесс может быть описан как синхронное выполнение объединенного процесса гомогенизации и пастеризации [7].

Аппаратурно-процессовая (технологическая) схема производства КДСБ представлена на рис. 11.3 [8].

Для производства КДСБ рекомендовано использование оригинального модуля оборудования *Tetra Therm MicroPart*, разработанного компанией «Тетра-Пак» (рис. 11.4).

Микропартикуляция при помощи модуля *Tetra Therm Micro Part* гарантирует более высокую рентабельность производства сыра: повышается ценность сыворотки; снижается себестоимость сыра, так как по сравнению с казеином сывороточные белки, подвергшиеся микропартикуляции, являются более дешевым ингредиентом; улучшается качество маложирных сыров. Как исходное сырье для производства микропартикулированных сыров

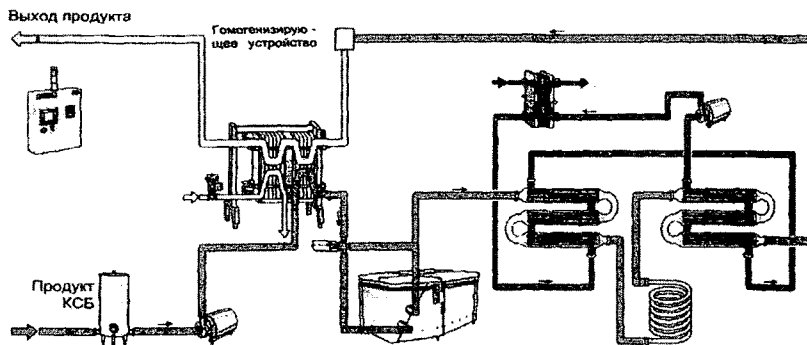


Рис. 11.3. Технологическая схема процесса производства КДСБ

точных белков используется сухой концентрат сывороточного белка (КСБ), предварительно растворенный в воде или КСБ, получаемый в процессе обработки сыворотки методом ультрафильтрации.

Раствор КСБ предварительно нагревается в пластинчатом теплообменнике *Tetra Plex* и затем нагревается до более высокой температуры в трубчатом теплообменнике *Tetra Spiraflo*. Продукт выдерживается при высокой температуре в течение определенного промежутка времени в спиральной трубе выдержки, где происходит денатурация и агрегация сывороточных белков и инактивируется микрофлора. Благодаря гибкости модуля *Tetra Therm Micro Part* время выдержки и температура могут устанавливаться в зависимости от вида продукта. Затем белки механически обрабатываются в гомогенизаторе *Tetra Plex* для получения соответствующего размера частиц.

Принцип действия и стабильность КДСБ. КДСБ действует как суррогатная дисперсная фаза, заменяющая жировые капельки, которые традиционно выполняют функции дисперс-

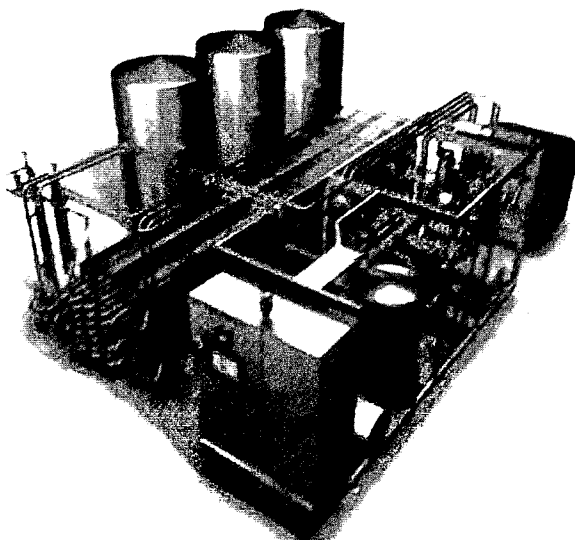


Рис. 11.4. Модуль *Tetra Therm MicroPart* для производства КДСБ

ной фазы, и симулирует мажущуюся маслянистую консистенцию продуктов. Данная способность имитатора жира обусловлена размером и формой составляющих его частиц [9, 10].

Частицы размером более 3 мкм в водной дисперсии ощущаются как порошковые, известковые, песчаные (при увеличении размера частиц). Частицы размером менее 2 мкм подобных ассоциаций не вызывают [7]. Вместо этого язык ощущает общие характеристики дисперсии имитатора жира как маслянистость, которые более типичны для эмульсий «масло в воде» (как для полножирных майонезов). Наряду с верхним, существует нижний порог. Дисперсия частиц менее 0,1 мкм воспринималась как истинный раствор. Таким образом, можно говорить о существовании «уникального интервала»: 0,5–2,0 мкм, в пределах которого микрочастицы придают продукту маслянистую консистенцию. Но даже сверхтонкие частицы, находящиеся в пределах «уникального интервала», но имеющие игольчатую, палочковидную или угловатую форму не создавали скольжения необходимого для имитации жира, а имели тенденцию к скапливанию, вследствие чего ощущались как более крупные агломераты. Следовательно, для создания имитатора жира высокого качества необходимо, чтобы размеры его частиц были в интервале 0,5–2,0 мкм и имели сферическую или близкую к ней форму [7].

Гранулометрический состав частиц КДСБ марки *Simplese®*-100 приведен на рис. 11.5 [6].

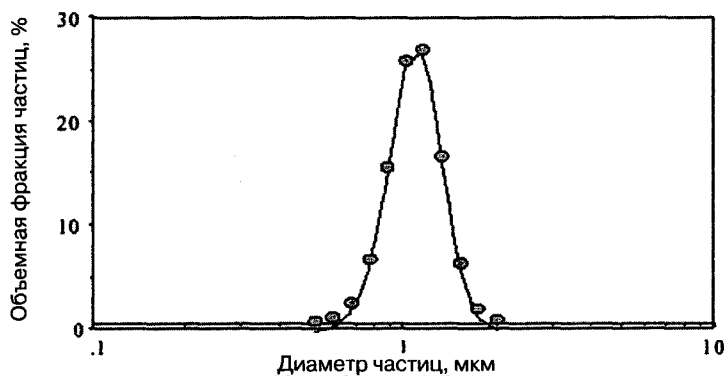


Рис. 11.5. Гранулометрический состав КДСБ марки *Simplese®*-100

В плане обеспечения стабильности КДСБ можно констатировать следующее. В процессе производства КДСБ растворимые молекулы белка денатурируют и агрегируют в строго контролируемых условиях. Благодаря этому микрочастицы представляют собой очень стабильную форму сывороточного белка, которая уже не в состоянии агломерироваться или желироваться при нагреве. Продукт сохраняет свои функциональные свойства в условиях высоких температур пастеризации и асептического производства. Влияние термической обработки на вязкость концентрата сывороточных белков и имитатора жира *Simplese®*-100 представлено на рис. 11.6 [6].

Микрочастицы остаются необъединенными и продолжают выполнять функцию дисперсной фазы практически во всех продуктах вне зависимости от значения величины рН, даже в изоэлектрической точке белков [6, 9]. Микрочастицы КДСБ эффективно стабилизируют эмульсии и взбитую текстуру, т. к. имеют точно требуемый размер для систем «жир в воде» или «воздух в жидкости» [7]. КДСБ может стабилизировать эмульсии в условиях повышенных температур производства, например УВТ-обработки, и такая стабилизация возможна без увеличения вязкости, что обычно наблюдается при использовании других эмульгаторов [11, 12]. Стандартные концентраты сывороточных белков обычно желируют и изменяют текстуру эмульсии или агрегируют и теряют свои стабилизационные свойства.

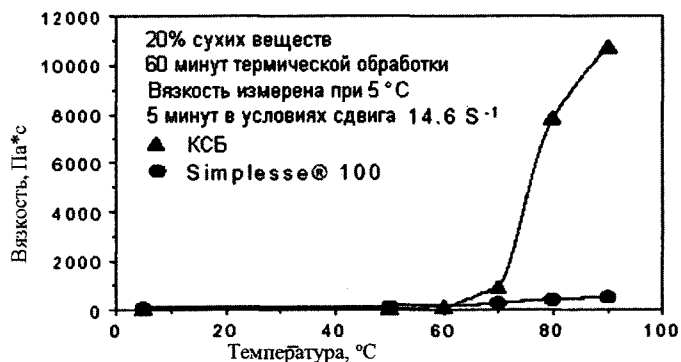


Рис. 11.6. Влияние термической обработки на вязкость концентрата сывороточных белков и КДСБ марки Simplexse@-100

Применение КДСБ в производстве молочно-белковых продуктов. В молочно-белковых продуктах и кисломолочных напитках частицы КДСБ участвуют в формировании казеинового сгустка — они внедряются в белковую матрицу, функционируя подобно жировым глобулам, которые они и заменяют (рис. 11.7) [13, 14].

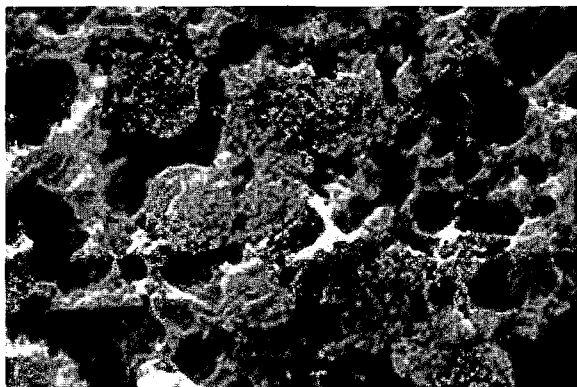


Рис. 11.7. Микрофотография нежирного сыра, выработанного с белковым имитатором жира (серые глобулы в центре)

Их способность равномерно распределять воду в казеиновой матрице способствует развитию эластичной структуры, при этом не оставляя «пятен» в сыре, что оказывает положительное влияние на созревание и формирование короткой текстуры [15]. В сырах с пониженным содержанием жира КДСБ развивает структуру жирного продукта через повышение влаги [10, 16, 17].

На месте мелких отверстий в белковом матриксе находилась сыворотка [13]. Преимущества применения КДСБ в производстве нежирных молочно-белковых продуктов:

- увеличивает выход готовой продукции;
- усиливает мажущую консистенцию;
- понижает плотность и «резинистость» сырного теста;
- улучшает текстуру;

- усиливает молочный вкус;
- развивает полноту вкуса в готовом продукте.

Плавленные сыры, сливочные сыры, спрэды. Рекомендуемая дозировка *Simplese*®-100 1,0–2,0%. Сухой порошок должен быть гидратирован перед использованием – это повысит его эффективность. Допускается использование нежирного сыра с *Simplese*®-100 в качестве сырья для выработки плавленого сыра с пониженным содержанием жира.

Американская фирма *Avonmore Cheese Inc.* вырабатывает сыр Моцарелла с 1/3 жира и 1/3 калорийности по сравнению с традиционными сырами этого вида. Для того чтобы сохранить типичные для сыра органолептические показатели, низкокалорийный сыр Моцарелла вырабатывают с добавкой смеси *Simplese*, состоящей из молочных и яичных белков, растительной камеди, лецитина, сахаров и пищевых кислот [18].

Все изложенное позволило исследователям обосновать постановку работы по использованию КДСБ при производстве белково-жировых продуктов отечественного ассортимента – мягкие сыры и творог, технология которых приведена в разделе IV, глава 19.

11.3. Денатурация как этап микропартикуляции сывороточных белков

Канадскими учеными [19] разработан способ улучшения функционально-технологических свойств сывороточных белков, основанный на тепловой обработке. С целью получения растворимых полимеров предусматривает тепловую обработку дисперсии сывороточных белков (концентрация белка 8%) с добавлением кальция в малых концентрациях (0–4 ммоль) при температуре 95 °С в течение 15 минут и pH 6,5–8,5. Данные условия позволяют трансформировать более 95% нативных сывороточных белков в растворимые полимеры. Исключение составляет вариант обработки при pH 6,5 и концентрации кальция 4 ммоль: в данном случае значительное количество белка подвергается преципитации.

Исследование полученных полимеров методом электронной микроскопии показало наличие частиц эллипсоидной формы длиной около 90 нм с осевым отношением на уровне 7,5. Результаты реологических исследований позволили предположить отсутствие влияния тепловой обработки на гидратационные характеристики белков. Гель-электрофорез показал, что за образование полимерных структур ответственны преимущественно дисульфидные мостики.

Подкисление растворимых полимеров при комнатной температуре с использованием глюконо-δ-лактона приводит к гелеобразованию. Наиболее прочные гели были получены при pH 7,5 и концентрации кальция не менее 2 ммоль. Полимерные структуры сывороточных белков, получаемые при более низких значениях pH (5,7–6,3) без добавления кальция образуют непрозрачный коллоидный раствор. Мутность коллоидного раствора увеличивается с ростом концентрации белка. Непрозрачные коллоидные растворы сывороточных белков используются как добавка в кофе, так как дают стойкий и насыщенный сливочный цвет.

Кроме того, регулирование pH до значений 5,7–6,3 в сочетании с нагреванием до 95 °С и выдержкой в течение 15 минут приводит к образованию стабильного микропартикулята. Достижение требуемого эффекта оценивают по оптической плотности коллоидного раствора, значения которой должны составлять 0,1–0,4.

Принцип получения полимерных структур на основе белков молочной сыворотки получил развитие в работе А. Ю. Темирева [20]. Для фракционирования компонентов творожной сыворотки были использованы флокулянты на основе анионоактивного полиакриламида, подвергнутые химической модификации в растворе, а также комплексному физико-хими-

ческому воздействию (химическая модификация, совмещенная с ультразвуковым или микроволновым облучением).

Изучено влияние технологических факторов (доза флокулянта, pH сыворотки, температура флокуляции) на степень выделения сывороточных белков. Установлено [21], что белки выделяются за счет образования водородных связей с функциональными группами полиэлектролита и электростатических взаимодействий положительно заряженных групп белка с отрицательно заряженными реакционноспособными группами флокулянта с получением сложных интерполимерных комплексов. На полученной экспериментальной базе разработана технология выделения компонентов творожной сыворотки с помощью нового класса наноматериалов — полиэлектролитных композиций на основе акриламида.

Австралийскими учеными [22] разработана технология получения заменителя твердого жира для мясопродуктов на основе концентрата сывороточных белков с повышенным содержанием β -лактоглобулина. Технология получения заменителя твердого жира основана на уникальной методике фракционирования концентратов сывороточных белков с получением продуктов, обогащенных, соответственно, α -лактальбумином и β -лактоглобулином. Заменитель твердого жира был использован в Австралии при разработке новых видов эксклюзивных мясопродуктов с брендом *Hans Continental Smallgoods (HCS)*.

Фракционный состав концентрата сывороточных белков, обогащенного β -лактоглобулином в сравнении с традиционными концентратами из подсырной и казеиновой сыворотки представлен в табл. 11.2 [22].

Способ структурообразования заменителя молочного жира основан на гелеобразовании β -лактоглобулина в процессе тепловой денатурации. Традиционно термическая денатурация β -лактоглобулина рассматривалась при значениях температуры, близких к 72 °C [23].

Таблица 11.2. Фракционный состав концентратов сывороточных белков

Фракции сывороточных белков	Массовая доля в концентратах, %		
	1	2	3
Белки оболочек жировых шариков	5	3	<1
Альбумин сыворотки крови	5	7	1
Иммуноглобулины	9	13	2
β -Лактоглобулин	45	58	64
α -Лактальбумин	16	19	8
Гликомакропептид (производный казеина)	20	0	25

Примечание: 1 — концентрат из подсырной сыворотки, 2 — концентрат из казеиновой сыворотки, 3 — концентрат, обогащенный β -лактоглобулином.

Однако результаты исследований с использованием метода дифференциальной сканирующей калориметрии [22, 24] показали, что температура денатурации β -лактоглобулина в зависимости от pH может варьировать в широких пределах, проявляя максимум при температуре 85 °C и значениях pH, близких к изоэлектрической точке. Незначительные вариации значений pH связаны с ионной силой раствора.

Конформации элементов третичной и вторичной структур белка являются иницирующим этапом взаимодействий, приводящих к агрегации и последующему образованию гелеобразной структуры. Экспериментально доказано [22, 25], что наряду с температурой денатурации, уровень pH определяют способ агрегации сывороточных белков, в первую очередь,

β -лактоглобулина. При значениях pH близких к нейтральным формируются эластичные структуры. При приближении pH к изоэлектрической точке (ниже 6,0), процесс гелеобразования может быть охарактеризован как партикуляция [25]. В зависимости от уровня pH подобные партикулированные гели могут характеризоваться высокой или низкой водосвязывающей способностью.

В СевКавГТУ [26] изучено влияние теплового воздействия на функционально-технологические свойства концентратов сывороточных белков, полученных при ультрафильтрации подсырной и творожной сыворотки. Исследованы состав и некоторые специфические свойства концентратов сывороточных белков с целью их дальнейшего использования в технологии кисломолочных напитков (табл. 11.3).

Таблица 11.3. Органолептические и физико-химические показатели КСБ-УФ из творожной и подсырной сыворотки

Наименование показателя	Концентрат сывороточных белков, полученный методом ультрафильтрации	
	из творожной сыворотки	из подсырной сыворотки
Органолептические показатели:		
Цвет	Светло-желтый	Белый
Запах	Молочно-кисловатый	Молочный
Вкус	Соленый	Солоновато-кислый
Консистенция	Жидкость с небольшим осадком на дне	Однородная жидкость
Физико-химические показатели:		
Плотность, кг/м ³	1028	1028
Массовая доля СВ, %	9,52	9,2
pH	4,09	4,77
Титруемая кислотность, °T	92	49,5

Установлено, что концентраты, полученные из подсырной и творожной сыворотки, по-разному реагируют на воздействие высоких температур, что обусловлено их различными физико-химическими свойствами (титруемая и активная кислотность, и как следствие, устойчивость белковых глобул).

Изучена тепловая обработка КСБ-УФ из подсырной сыворотки. Как показали исследования, КСБ-УФ из подсырной сыворотки выдерживает тепловую обработку до 85 °C без выпадения сывороточных белков в осадок. В дальнейшем исследовалась тепловая обработка КСБ-УФ из творожной сыворотки.

При нагревании до температуры 65 °C сывороточные белки денатурировали с образованием крупных хлопьев белка. Для повышения термоустойчивости КСБ-УФ из творожной сыворотки было предложено внесение солей-стабилизаторов: натрия фосфорнокислого, цитрата натрия и стабилизационной системы *Crown-N40*. Наилучшие результаты были получены при внесении в концентрат стабилизационной системы *Crown-N40*.

Исследовано влияние *Crown-N40* на тепловую устойчивость КСБ-УФ из творожной сыворотки при температуре 75 °C в течение 10 мин. *Crown-N40* вносили в концентрат в количестве от 0,05 % до 0,2 %. Результаты исследований представлены в табл. 11. 4.

Полученные данные показывают, что с увеличением дозы внесения стабилизатора наблюдается уменьшение титруемой кислотности и, как следствие, меняется характер осадка. Наилучшие образцы получены при внесении в концентрат 0,2 % *Crown-N40*. При увеличении температуры обработки КСБ-УФ из творожной сыворотки до 80 °C наблюдалась коагуляция сывороточных белков в системе.

Таблица 11.4. Показатели КСБ-УФ из творожной сыворотки при внесении различных концентраций стабилизационной системы *Crown-N40*

Образцы	pH	Титруемая кислотность, °Т	Наличие осадка после тепловой обработки ($t = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10\text{ мин.}$)
КСБ чистый	4,11	91,5	–
КСБ+0,05% <i>Crown</i>	4,17	84,5	Осадок с хлопьями
КСБ+0,1% <i>Crown</i>	4,25	81,5	Небольшие равномерные хлопья
КСБ+0,15% <i>Crown</i>	4,30	80,75	Небольшой осадок, хлопьев нет
КСБ+0,2% <i>Crown</i>	4,35	78,25	Осадок нет (мелкая взвесь)

К перспективным направлениям совершенствования функционально-технологических свойств сывороточных белков следует отнести методы гликозилирования α -лактальбумина, β -лактоглобулина с использованием лактозы и декстранов [27], а также холодного гелеобразования [28].

11.4. Резюме по главе 11

Если исходить из изложенной выше информации, то, видимо, имеются все основания считать все известные способы выделения белков из молочной сыворотки денатурацией тепловым воздействием с последующей коагуляцией и агрегацией денатурированных частиц изменением реакции среды, либо внесением коагулянтов — хлористый кальций, пектин, КМЦ, хитозан, танин и масса др. наименований (более 100) в качестве этапа микропартикуляции. Представляет интерес выделение компонентов сыворотки модифицированными флокулянтами [29]. Это же относится к выделению белков мембранными и биомембранными методами с корректировкой при последующей обработке (денатурации или структурированию). Дальнейшая направленная и управляемая обработка — тепловое и механическое воздействие с формированием нанокластеров, например нанотрубок, позволяет получать принципиально новый продукт (добавку) функционального назначения, в т. ч. имитаторы жира и может рассматриваться как процесс (продукт) микрогрануляции. Этот термин возможно, в русской транскрипции, в большей мере отвечает смыслу процесса и особенно привлекателен к получаемым продуктам — микрогранулятам. Проблема назрела, ждет своего исследователя и просится в отрасль для реализации. Можно только поддержать усилия нашего творческого коллектива (проф. И. А. Евдокимов и В. И. Шипулин с сотр.), которые начали широкомасштабные исследования в данной области, особенно в контексте рационального использования получаемого продукта.

С учетом оригинального опыта по воздействию на биосистемы кавитационной активацией творческого коллектива проф. А. А. Борисенко (СевКавГТУ) [30], представляется возможным технологический прорыв и масса ноу-хау. Например, применение сонотехнологий с использованием кавитационного реактора при производстве напитков, в т. ч. из восстановленной молочной сыворотки [32]. Особое место при этом, наряду с сывороточными белками, должна занять лактоза и ее производные для синтеза галактоолигосахаридов (ГОС), лактоза-тов и жиросахаров [31] животного происхождения.

11.5. Литература к главе 11

1. Микропартикуляция сывороточных белков [Текст]/Информация подготовлена компанией «Тетра-Пак»//Переработка молока. — 2009. — № 4. — С. 33.
2. Floris, R *Hydrolysis of whey proteins: opportunities for new functionalities* [Text]/René Floris//*Proceedings of the 5th International Whey Conference*. — Paris, France, 2008.
3. Манылов, С. В. Исследование влияния денатурированных сывороточных белков на свойства низкокалорийных молочно-белковых продуктов [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Манылов Сергей Владимирович. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 156 с.
4. Патент США № 4734287.
5. Dorman E.S. *Fat substitute*. [Электронный ресурс] — Режим доступа: www.madehow.com/Volume-2/index.html.
6. *Simplese®* — натуральный молочный ингредиент. Технический бюллетень. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.bt.unitec.by/simplese.html>.
7. Singer N.S., Moser R.H. *Microparticulated proteins as fat substitutes*. *Low Calorie Foods Handbook*: Altschul A.M., Ed., Marcel Dekker, New York, 1993 — chap. 9.
8. Микропартикуляция сывороточных белков//Переработка молока. — 2007. — № 5. — С. 25–26.
9. Queguiner, C. *Microcoagulation of a Whey Protein Isolate by Extrusion Cooking at Acid pH* [Text]/C. Queguiner et al.//*J. of Food Science*. — 1992. — Vol. 57. — № 3. — P. 610–616.
10. Schirle-Keller, J.-P. *Interaction of Flavor Compounds with Microparticulated Proteins* [Text]/J.-P. Schirle-Keller J.-P., H.H. Chang, Reineccius//*J. of Food Science*. — 1992. — Vol. 57. — № 6. — P. 1448–1451.
11. Akoh, C.C. *Fat replacers* [Text]/C.C. Akoh//*Food technology*. — 1998. — Vol. 52. — № 3. — P. 47–53.
12. Hassel, C.A. *Nutritional implications of a fat substitutes* [Text]/C.A. Hassel//*Cereal Foods World*. — 1993. — Vol. 38. — № 3. — P. 142–144.
13. Kalab, M. *Cheese: Development of structure* [Электронный ресурс]/M. Kalab — Режим доступа: <http://www.magma.ca/~scimat/Cheese.html>.
14. Tamime, A.Y. *The microstructure of set-style, natural yogurt made by substituting microparticulate whey protein for milk fat* [Text]/A.Y. Tamime et al.//*Intern.J. of Dairy Technology*. — 1995. — Vol. 48. — № 4. — P. 107–111.
15. Aryana, K.J. *Effect of commercial fat replacers on the microstructure of low-fat Cheddar cheese* [Text]/K.J. Aryana, Z.U. Haque//*Intern.J. of Food Science & Technology*. — 2001. — Vol. 36. — № 2. — P. 169–177.
16. 2004. — Banks Jean, M. *Review: The technology of low-fat cheese manufacture* [Text]/M. Banks Jean//*Intern.J. of Dairy Technology*. — Vol. 57. — № 4. — P. 199–207.
17. Theophilou, P. *Effects of fat on the properties of halloumi cheese* [Text]/P. Theophilou, A.R. Wilbey//*Intern.J. of Dairy Technology*. — 2007. — Vol. 60. — № 1. — P. 1–4.
18. Гудков, А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты/А. В. Гудков. Под ред. С. А. Гудкова, 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во ДеЛи принт, 2004. — 804 с.
19. Britten, M. *Heat treatments to improve functional properties of whey proteins* [Text]/M. Britten//*Proceedings of the 1st International Whey Conference*. — Chicago, USA, 1997.
20. Темиров, А. Ю. Выделение компонентов творожной сыворотки наноматериалами на основе полиакриламида [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Темиров Александр Юрьевич. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 142 с.
21. Шевченко, Т. В. Особенности осаждения сывороточных белков флокулянтами [Текст]/Т. В. Шевченко, А. Ю. Темиров, Е. В. Ульрих, Ю. В. Устинова//Современные наукоемкие технологии. — 2008. — № 2. — С. 67–68.
22. Pearce, R.J. *A solid fat replacer for manufactured meat products based on a β -lactoglobulin-rich whey protein ingredient* [Text]/R.J. Pearce, J.A. Dunkerley, T. W. Wheaton et al.//*Proceedings of the 1st International Whey Conference*. — Chicago, USA, 1997.
23. Ruegg, M. *Calorimetric study of the thermal denaturation of whey proteins in simulated milk ultrafiltrate* [Text]/M. Ruegg, U. Moor, B.A.J. Blanc//*J. Dairy Res*. — 1977. — N 44. — PP. 509–520.

24. Relkin, P. *Effects of pH on gelation and emulsification of a β -lactoglobulin concentrate* [Text]//P. Relkin, T. Liu, B.J. Launay//*Dispersion Sci. Technol.* — 1993. — N 14. — PP. 335–354.
25. Stading, M. *Viscoelastic behaviour of β -lactoglobulin gels* [Text]//M. Stading, A.-M. Hermansson//*Food Hydrocolloids.* — 1990. — N 4. — PP. 121–135.
26. Гордиенко, Л. А. Перспективы использования концентратов сывороточных белков в технологиях пищевых продуктов [Текст]//Л. А. Гордиенко, И. А. Евдокимов, М. С. Золоторева, А. Г. Скороходов//*Вестник СевКавГТУ.* — 2008. — № 2. — С. 95–96.
27. S. Anema, E. Lowe, K. Higgs, Y. Hemar, D. [Text]//*Proceedings of the 4th International Whey Conference, Chicago, USA, 2005.* — Chicago: American Dairy Products Institute, 2006. — 397 p.
28. A. C. Alting, R.W. Visschers [Text]//*Proceedings of the 4th International Whey Conference, Chicago, USA, 2005.* — Chicago: American Dairy Products Institute, 2006. — 387 p.
29. Кучкина, Е. В. Выделение компонентов молочной сыворотки модифицированными флокулянтами [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Кучкина Елена Валерьевна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 135 с.
30. Брацкихин, А. А. Научно-практические аспекты интенсификации технологических процессов с использованием паноактивированных жидких сред при производстве мясопродуктов [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Брацкихин Андрей Александрович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 405 с.
31. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов и др. — С-Пб.: Профессия, 2007. — 768 с.
32. Красуля, О. Н. Исследование возможности применения сонотехнологий в производстве молочных напитков из восстановленного сырья [Текст]/О. Н. Красуля, С. Д. Шестаков, Е. Г. Черемных и др.//*Молочная река*, № 2–3 (34–35), 2009. — С. 38–41.

Глава 12

Гранулирование молочной сыворотки методом окатывания

12.1. Общие положения

Процессы гранулирования и окатывания при переработке молочной сыворотки являлись предметом исследований в школе проф. Л. А. Остроумова (КемТИПП), в частности в работах А. М. Попова [1] и его учеников [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и др.]. Теоретические предпосылки процессов основаны на рассмотрении молочной сыворотки как дисперсной системы с целью гранулирования методом окатывания, в которой в качестве дисперсной фазы используется вода.

Логистический анализ состава и свойств различных видов молочной сыворотки, в аспектах рассматриваемой проблемы, позволил А. М. Попову с сотр. сформулировать оригинальную парадигму использования натуральной (особенно творожной), сгущенной и сухой сыворотки для реализации огромной проблемы — получение продуктов функционального питания практически неограниченного ассортимента. Результаты реализованы в линейке продуктов: кисели, муссы, желе. Информационный файл включает в себя многочисленные публикации, в т. ч. две монографии [11, 12]. Кстати, докторская диссертация А. М. Попова, как выдающееся исследование, была рекомендована ВАК РФ к публикации.

Важно подчеркнуть, что в этом комплексе работ наша молочная сыворотка рассматривается не как «отход производства», а как «полноправный инструмент» для формирования продуктов питания нового поколения на базе технологических систем академика В. А. Панфилова [13]. Именно с этих позиций, в кратком виде, попытаемся представить имеющейся в нашем распоряжении материал по процессу гранулирования с окатыванием молочной сыворотки.

12.2. Теоретические основы гранулирования с окатыванием

Вне зависимости от способа гранулирования, при окатывании дисперсного материала, различают три основные стадии гранулообразования: зародышеобразование, рост гранул и уплотнение гранул. Стадия уплотнения налагается как на стадию образования устойчивого зародыша, так и на стадию его роста, и самостоятельно проявляется лишь на заключительном этапе гранулирования. Более плотные и более прочные агрегаты способствуют ускорению и стабилизации процессов образования зародышей и росту гранул — кинетика и механизм уплотнения влажного дисперсионного материала определяют кинетику и механизм гранулирования в целом.

При этом кинетика и механизм гранулирования на первоначальных стадиях в существенной мере будут определяться предисторией окатываемой сырьевой смеси.

Для повышения эффективности работы всех технологических потоков производства быстрорастворимых гранулированных напитков (БГН), их следует рассматривать как систему осуществляемых в них процессов. Выделим в исследуемых системах структурные составляющие и определим их роль относительно друг друга на основе функционально-структурного подхода, основанного на предположении первичности функционального назначения системы по отношению к ее структурной организации, которая представляет собой совокупность типовых физических и химических процессов в виде операторов технологических операций, представленных в условных обозначениях на рис. 12.1.

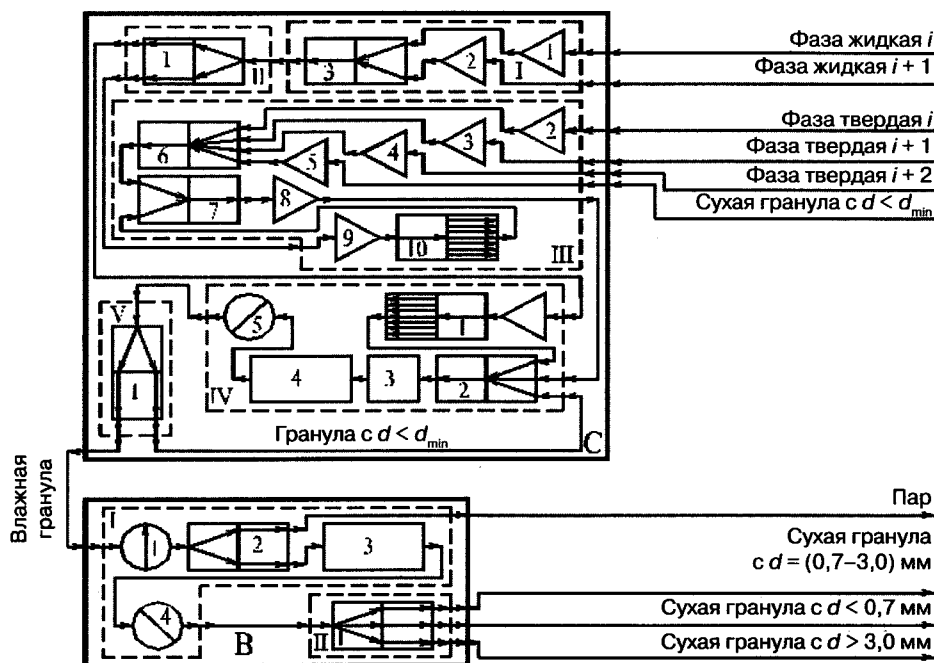


Рис. 12.1. Операторная модель системы формирования БГН

Проведенный анализ позволил разобраться в строении технологического потока, рассмотреть объект исследования, как единое целое, раскрыть взаимосвязь частей, изучить его отдельные элементы и перейти к синтезированию технологической системы.

Эффективность работы тарельчатых грануляторов (рис. 12.2) определяется факторами, отображающими как качественную, так и количественную стороны процесса окатывания (окомкования).

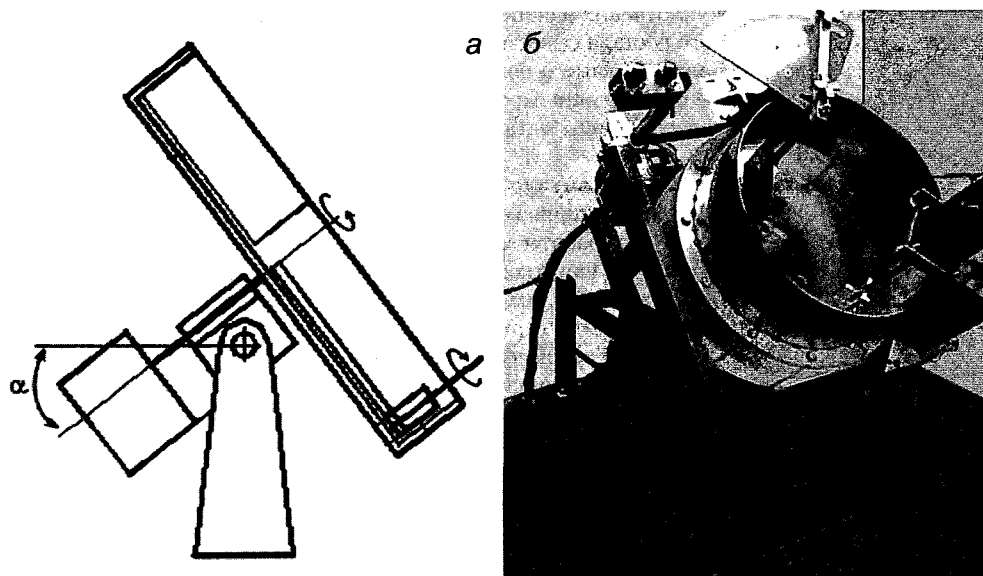


Рис. 12.2. Схема (а) и общий вид (б) тарельчатого гранулятора

Для достижения максимальной производительности тарельчатого гранулятора в каждом конкретном случае необходимо нахождение оптимального соотношения между диаметром, углом наклона, скоростью вращения и высотой борта тарели.

Одним из наиболее перспективных путей повышений эффективности процесса гранулирования является оптимизация режимно-конструкционных параметров тарельчатых грануляторов и регулирование свойств комкуемых материалов для достижения заданного качества гранулята при максимальной производительности.

12.3. Особенности структурообразования гранул молочной сыворотки

12.3.1. Молочная сыворотка как объект гранулирования

С точки зрения возможности гранулирования молочной сыворотки интерес представляют только те составляющие, которые оказывают влияние на физико-химические и физико-механические показатели процесса — лактоза, белковые вещества, минеральные вещества и молочный жир. Устойчивое образование гранул и их прочность в существенной мере зависит

от свойств пороковой суспензии. При гранулировании сыворотки в качестве порового вещества выступает высококонцентрированная сыворотка, которая вносится извне или образуется вследствие растворения мелкодисперсных фракций твердой фазы сухого порошка. При определенных условиях, определяющее из которых — влагосодержание, молочная сыворотка способна образовать прочные структуры.

При влагосодержании менее 25 % и охлаждении до 10 °С сыворотка образует так называемый блок, процесс образования которого связан с кристаллизацией лактозы и связыванием части свободной воды в виде кристаллогидратов, а также гелеобразованием благодаря значительному присутствию белковых веществ [14]. Последние являются высокомолекулярными соединениями и одновременно содержат ионизирующие группы, т. е. обладают свойствами полиэлектролитов. Они проявляют ряд специфических коллоидно-химических свойств.

Согласно классификации связей по Румпфу [15] для дисперсных систем, подвергаемых гранулированию возможно образование следующих связей, возникающих с участием белковых фракций:

- связи твердого тела в результате химических реакций;
- механические связи, вызванные переплетением волокон белков;
- взаимодействия в виде адгезионных и когезионных сил;
- для амфолитных ПАВ характерно возникновение связей, обусловленных поверхностным натяжением и капиллярным давлением подвижных поверхностей жидкости;

Согласно классификации Румпфа [16] лактоза может образовывать связи между твердыми частицами в результате кристаллизации растворяющихся веществ, а так же участвовать в возникновении связей обусловленных поверхностными явлениями.

Жировые шарики, содержащиеся в сыворотке, имеют средний размер меньший, чем у исходного молока (табл. 12. 1), поэтому эта фракция сыворотки имеет более высокую удельную поверхность и обладает высокой реакционной активностью.

Таблица 12.1. Гранулометрический состав жировых шариков молока и сыворотки

Продукт	Количество жировых шариков, %, с диаметром, мкм		
	Менее 2	2,5–4,7	Более 4,7
Молоко	51,9	47,9	0,2
Сыворотка	72,6	25,5	1,9

При концентрировании сыворотки и удалении воды происходит разрушение жировой эмульсии, и жировая фракция приводится в соприкосновение с твердой фазой (лактоза, белки, соли). Состав липидов молочной сыворотки характеризуются большим многообразием входящих в них жирных кислот (миристиновая, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая и др.), при этом до 80 % массы липидов сухой сыворотки находится в связанном состоянии [1].

В силу незначительного относительного содержания жиров в сыворотке, жировая составляющая сухой сыворотки дисперсно распределена в ней и на начальных этапах структурирования системы не участвует в образовании связей, а лишь влияет на взаимодействия, обусловленные поверхностными эффектами. Это влияние обусловлено наличием границы раздела жидкость–жидкость между сплошной водной средой и капельками (шариками) жира. На последующих этапах возможно образование связей, обусловленных поверхностными явлениями в тех случаях, когда жировая фракция участвует в образовании мостиков в качестве жидкой фазы (твердое тело–жидкость–твердое тело). Не исключено также участие жировой фракции в связях, обусловленных химическими реакциями, склеиванием твердых частиц и адгезионно-когезионных связях.

Минеральные составляющие исходной сыворотки представлены в основном следующими диссоциирующими соединениями [1]: $(\text{NaCl}, \text{KCl}, \text{K}(\text{H}_2\text{PO}_4), \text{K}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7), \text{MgHPO}_4, \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2, \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{K}_2\text{CO}_3, \text{CaCl}_2, \text{Na}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7), \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2, \text{KC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ и др. Известно, что минеральные соли образуют сложные соединения с белками [14]. Можно предположить, что минеральные составляющие при концентрировании могут кристаллизироваться как в виде индивидуальных соединений, так и вступать в химические реакции, т.е. образовывать химические связи.

Определенную роль при рассмотрении состава сыворотки как объекта гранулирования, играют содержание и формы связи влаги с сухим веществом. Рассмотрение формы связи воды целесообразно начать с концентрации сухого вещества сыворотки около 70 %, т.к. до такого состояния реально технологически удастся сконцентрировать сыворотку путем испарения воды. При таком содержании воду можно рассматривать в связи с твердым телом. В первую очередь, это химическая связанная вода, которая входит в состав ряда соединений образующих сухое вещество сыворотки, например, углеводы. Кроме того, могут иметь место кристаллогидраты лактозы. Так как при гранулировании эта формы связи воды с твердым веществом сыворотки не нарушается, ее рассмотрение не целесообразно.

Анализ исследований [14, 17, 18, 19, 20, 21] показывает, что при концентрировании происходит удаление в основном физико-химически связанной влаги входящей в состав водного раствора. По мере концентрирования [22], а точнее, начиная с содержания сухого вещества порядка 35–40 %, происходит выделение твердой фазы в виде кристаллов лактозы, и, следовательно, появление новых форм связи влаги, обусловленных появлением свободной твердой: адсорбционной поверхности. При дальнейшем удалении влаги содержание твердой фазы прирастает быстрее, чем следовало ожидать из теоретических расчетов. При концентрациях твердой фазы от 51 % до 70 % и более белки, входящие в состав сухого вещества сыворотки, начинают образовывать гели, связывая воду.

На начальных этапах концентрирования сыворотка представляет собой монофазную жидкую среду, вязкость которой описывается уравнением [23]:

$$\eta = 1,87 - 3,58 \cdot 10^{-2}t + 6,4 \cdot 10^{-3}E + 6,05 \cdot 10^{-4}t^2 + 4,08 \cdot 10^{-3}E^2 - 2,30 \cdot 10^{-3}tE, \quad (12.1)$$

где E — содержание сухих веществ, %;

t — температура сыворотки, °C.

Данная зависимость справедлива в интервале $t = (20-60)^\circ\text{C}$ и $E = (6,5-30)\%$. Начиная с 35–40 % сухого вещества сыворотка представляет собой двухфазную систему в результате начала кристаллизации лактозы. Эффективная вязкость такой двухфазной системы удовлетворительно описывается зависимостями:

$$\text{для творожной:} \quad \eta = -58,53 + 2,7E - 0,013E^2 + 0,011tE + 0,002t^2, \quad (12.2)$$

$$\text{для подсырной:} \quad \eta = \alpha e^\beta, \quad (12.3)$$

$$\text{где: } \alpha = 4,4 \cdot 10^{-4} e^{(6,1 - 0,60)t \cdot 10^{-2}};$$

$$\beta = 0,61 e^{\frac{5,75}{t}}$$

Зависимости справедливы в интервале значений E от 40 до 60%, t от 15 до 75 °C. В этом интервале происходит нарастание количества кристаллов лактозы и гелеобразование белковой составляющей сухого вещества сыворотки. При достижении концентрации сухого вещества более 70 %, при отсутствии внешнего воздействия, сыворотка приобретает свойства твердого тела [24], при этом во взаимных контактах образуется своеобразный клетчатый каркас, скрепленный гелем белков. Приложение внешнего механического воздействия достаточной интенсивности приводит к разрушению структуры и переводу ее в вязко-текучее состоя-

ние. Снятие механического воздействия приводит к структурированию и образованию так называемой белковой структуры. По данным [22] такое состояние сохраняется сывороткой до содержания сухого вещества 85 %. Влага в массе сыворотки с этой концентрацией представляет собой сплошную среду в виде насыщенного раствора. Дальнейшее концентрирование сопровождается образованием прочных мостиков между кристаллами лактозы. Мостики образуются в результате сушки белкового геля, а также дальнейшей кристаллизации лактозы и минеральных солей.

12.3.2. Выбор способа гранулирования и особенности формирования гранул молочной сыворотки

Способ гранулирования зависит от многих факторов. Прежде всего, это назначение гранулированной сыворотки и собственно гранулирования. Если требуется гранулировать сыворотку с целью препятствовать слеживанию и обеспечить сушку конвективным способом, т.е. гранулированная сыворотка является полуфабрикатом, то предпочтение следует отдать способам, основывающимся на формировании экструзией.

Преимущества данного способа вытекают из характеристик высококонцентрированной (выше 70,5 %) молочной сыворотки. Основная определяющая характеристики такой сыворотки — тиксотропные свойства. При продавливании через отверстие гранулят получается в виде жгутов (так называемые «стренги») с образующей, повторяющей конфигурацию формирующего отверстия. Поверхность жгута, как правило, получается гладкой при оптимальном значении влажности материала. В дальнейшем жгут либо сразу после выхода из отверстия срезают режущим устройством (нож, струна), либо в виде непрерывной стренги подсушивают, а затем делят на куски (гранулы). К отрицательным моментам применительно к сыворотке данного способа можно отнести следующие факторы:

- высокая энергоемкость процесса, вызванная необходимостью создавать большое давление для обеспечения продавливания высоковязкой сыворотки через отверстия малого диаметра;
- длительное время перехода из вязко текучего тиксотропного состояния в твердое состояние («блок») и как следствие длительность общего времени процесса;
- высокая плотность получения гранул и плохая растворимость.

Последний фактор в равной степени можно отнести как к недостаткам, так и к достоинствам. Сущность такого, на первый взгляд противоречивого значения в том, что при высокой плотности сыворотки затрудняется процесс сушки (лимитируется скорость диффузии влаги из внутренних слоев к поверхности). С другой стороны, появляется возможность подсушить поверхность, создав тем самым «корочку», прочность которой позволяет перемещать жгуты или гранулы по технологическому тракту, не опасаясь слипания или оплывания гранул. Плотная гранула, с одной стороны, плохо растворяется в воде, что иногда даже требует дополнительного размачивания, а с другой стороны, наименее подвержена при хранении вторичному бактериальному обсеменению и отсыреванию, ввиду низкой удельной поверхности. Кроме того, давление, требуемое для продавливания сыворотки через отверстие велико, что способствует возрастанию температуры процесса. При этом возникают условия для частичной потери качества сыворотки и снижения ее пищевой ценности. Реализовать этот процесс можно на экструзионном или на вальцовом оборудовании.

Способ гранулирования молочной сыворотки путем распыления капель в свободный объем с одновременным удалением части влаги (сушки) трудно реализуется на практике, в первую очередь из-за нестабильности процесса (требования к кислотности перерабатываемой сыворотки: $< 60^{\circ}\text{C}$, склонность к налипанию на стенки башни и разгрузочное устройство и т.д.). Полученные по данному способу гранулы имеют малый размер (порядка 0,1–0,4 мм),

отличаются хорошей растворимостью, но и высокой слеживаемостью, низкой насыпной плотностью.

Гранулирование методом окатывания из всех известных способов характеризуется наименьшими удельными энергозатратами. Молочная сыворотка, как объект гранулирования, характеризуется некоторыми особенностями, которые необходимо учитывать при разработке процесса. Большинство исследуемых дисперсных систем [25, 26, 27] представляют собой систему, состоящую из относительно пассивной грубодисперсной части, образующей своего рода каркас гранулы, и тонкодисперсной части, образующей полукolloидные и коллоидные фракции, концентрирующиеся в жидкой фазе, которая, в свою очередь, находится в порово-стыковом состоянии. Газовая фаза при формировании и уплотнении гранул удаляется из межчастичного пространства не полностью, и какое-то количество газа всегда остается в структуре сырой гранулы в защемленном состоянии в виде раствора в жидкой фазе. Характерной особенностью процесса уплотнения формирующихся гранул является большая свобода объемных деформаций. Естественно, что в таких условиях гранулирование возможно лишь при пластичном характере деформаций, позволяющем сохранить связность гранулы.

Обычно плотно кристаллические дисперсные материалы, не обладающие требуемой для гранулирования методом окатывания пластичностью сдвига, требуют введения в гранулированную систему в небольших количествах веществ, обеспечивающих образование коагуляционных структур в поровой суспензии гранул. Концентрат молочной сыворотки, как это указано ранее, имеет в своем составе такие вещества и, следовательно, не требует дополнительного введения их извне. Таким образом, выполняется одно из условий, определяющих комкуемость, для сыворотки как объекта гранулирования.

Процесс гранулирования возможен лишь при наличии флуктуации по влажности и плотности, то есть чем больше вероятность образования и сохранения флуктуаций, тем большей способностью гранулироваться обладает материал. Из этого можно сделать следующий вывод: чем круче линейный участок на зависимости прочности от влажности — $P_m = f(W)$ (рис. 12.3), тем больше вероятность сохранения флуктуаций. Таким образом, даже небольшие градиенты влажности создадут значительные перепады по плотности и прочности, а возникшие флуктуации сохранятся с большей вероятностью. Учитывая, что зависимость $P_m = f(W)$ имеет линейный участок в интервале влажностей от W_{min} до W_{max} , можно предположить, что отношение этих критических показателей будет отражать способность материала к окомкованию, то есть его комкуемость.

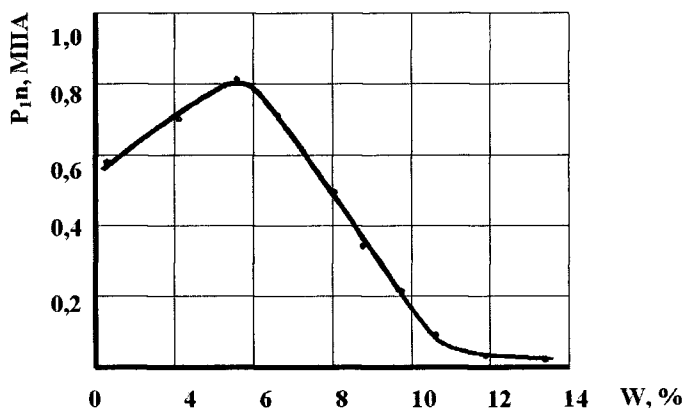


Рис. 12.3. Зависимость прочности материала от влажности

Поскольку комкуемость дисперсной системы определяется свойствами поровой суспензии и зависит от капиллярной связи между частицами, то для улучшения качества сырых гранул желательно увеличить вязкость поровой жидкости. Поэтому целесообразно в качестве увлажняющей жидкости при гранулировании порошка молочной сыворотки использовать концентрированную сыворотку. Экспериментальные исследования показали [1], что оптимальной, с точки зрения комкования и прочности сырых гранул, является ее концентрация до 50 % сухого вещества. В этом случае комкование идет по схеме характерной для всех дисперсных систем — увлажнение порошка, его агломерирование, выдавливание жидкости в поверхностные слои, налипание, уплотнение и т. д.

Исследование влияния на скорость процесса гранулирования степени концентрирования, подаваемой через форсунки сыворотки, показала, что в интервале значений 40–70 %, оптимальная производительность гранулятора с активатором существенно не меняется. Это связано с тем, что процесс зародышеобразования и формирования гранул регламентируется управляющим воздействием активатора, подбор режимов которого обеспечивает стабильность процесса.

Применение активатора и его воздействие на процесс гранулообразования было исследовано при помощи введения в гранулируемые смеси индикаторных веществ, имеющих дисперсность соизмеримую с дисперсностью остальных компонентов и легко поддающихся обнаружению и идентификации в гранулах. В качестве индикаторных веществ, в частности, применялась сажа газовая. Проведенные исследования показали следующие преимущества положительного влияния активатора на процесс гранулирования:

- происходит повышение однородности как по размеру, так и по составу гранул (для полидисперсных смесей);
- время гранулирования снижается в 3–5 раз, при прочих равных условиях;
- выход гранул класса 2–3 мм возрастает до 85–90 % (рис. 12.4).

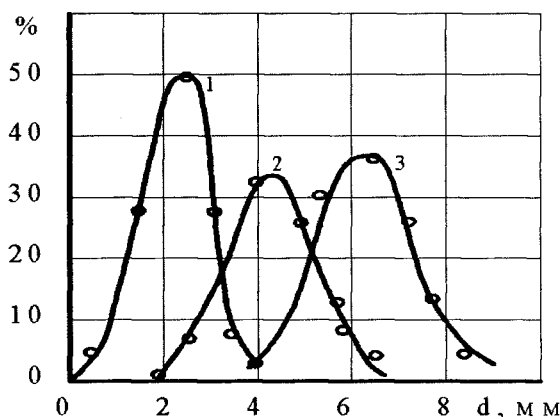


Рис. 12.4. Дифференциальные гранулометрические кривые: 1 — гранулирование по «полумокрому» способу с активатором; 2 — гранулирование по «полумокрому» способу; 3 — гранулирование по «мокрому» способу

Однородность состава готовых гранул позволяет говорить о высоком смесительном эффекте при гранулировании с применением активатора. В ряде случаев это позволяет совместить процессы перемешивания и гранулирования в одном аппарате.

Прочность, а также скорость образования и роста гранул зависит от совокупности факторов, определяющих силу сцепления частичек влажного материала в грануле. Такую сово-

купность назвали комкуемостью или склонностью материала к гранулированию методом окатыwania. При этом в системе образуются структурно и энергетически различные формы влаги. Качественно и количественно характеристики поверхностных явлений во влажном материале оценивают по их наличию и соотношению в этих дисперсиях. Прочность гранулы в общем случае зависит от числа контактов в единице объема и прочности единичных контактов. Число контактов зависит как от формы, так и от размеров дисперсных частиц.

Из литературы [24, 28, 29] известно, что водные гели белков обладают повышенной адгезией к твердым поверхностям. Это свойство белков используется для приготовления клеев. Высыхание гелей белков приводит к образованию высокопрочных клеевых пленок. Упрочнению контактов при сушке способствует переход структуры в конденсационно-кристаллизационное состояние. Мелкие кристаллы будут выступать в роли наполнителей из насыщенного раствора, находящегося в мениске между кристаллами лактозы.

Эффективность гранулирования молочной сыворотки в чистом виде невелика, так как технологический процесс не исключает стадию производства сухой порошкообразной сыворотки со всеми присущими ему недостатками (отложение продукта на стенках сушильной башни, большие трудности по съему пленки с барабана и его последующей обработке [30]) и энергозатратами.

В связи с этим возникает необходимость в интенсификации процессов сушки молочной сыворотки. Интенсификация и оптимизация процесса гранулирования может быть достигнута за счет использования в качестве наполнителей плодово-ягодной муки, полученной измельчением шрота, являющегося отходом производства соков и виноделия. В этом случае кислотность сгущенной сыворотки практически не оказывает влияния на процесс гранулообразования, вследствие незначительности ее массовой доли (6–10 % влаги в виде сгущенной до 50 % сухого вещества сыворотки) и большой влагоемкости шрота.

Использование наполнителей, вследствие значительной их влагоемкости, позволяет использовать в технологическом процессе предварительное увлажнение и смешивание, что интенсифицирует процесс гранулирования. Влага при этом распыляется непрерывно.

На основании проведенной диагностики процессов гранулирования полидисперсных продуктов установлено, что закон постоянства объемного фазового состава дисперсной системы дает возможность наглядно изобразить процесс формирования структуры на любой технологической стадии в тройной системе координат (K_s , K_l , K_g — объемное содержание твердой, жидкой и газообразной фаз в системе на соответствующей технологической стадии), получать фазовый портрет всего технологического процесса, а также проектировать и моделировать получение продуктов с заданными свойствами. Графическая интерпретация процесса по Л. Н. Берязевой показана на рис. 12.5.

12.3.3. Исследование структурно-механических свойств сыворотки и сывороткосодежащих композиций

Структурная прочность агрегатов частиц комкуемого материала определяет стабильность процесса гранулирования. Именно в этом смысле прочность окатышей может быть названа характеристикой комкуемости влажного дисперсного материала. Очевидно, что на каждом этапе гранулообразования от рыхлого зародыша до плотной гранулы действуют различные силы в зависимости от плотности агрегата, свойств и соотношения фаз комкуемой дисперсной системы. Поэтому аналитический прогноз прочности гранул по свойствам отдельных компонентов комкуемой смеси, вряд ли возможен без знания его структурно-механических свойств.

Для гранулирования используется сухая сыворотка, производимая распылительной сушкой. В табл. 12.2 представлены сравнительные структурно-механические характеристики су-

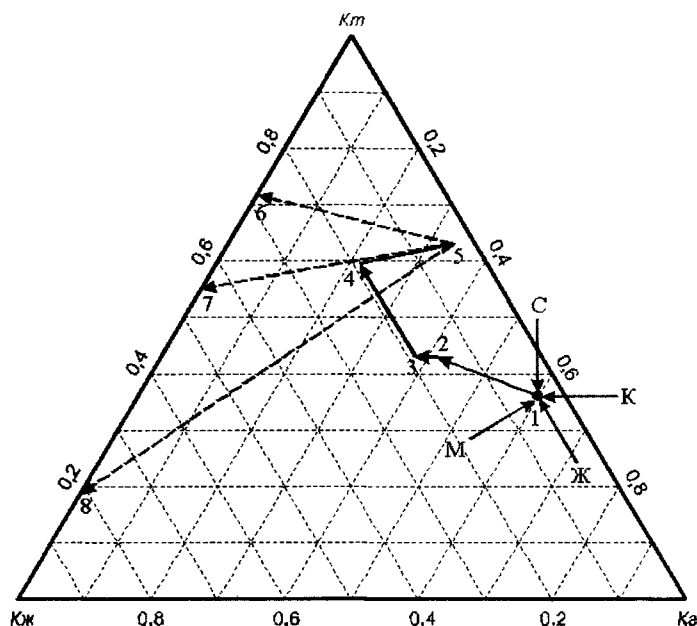


Рис. 12.5. Фазовая диаграмма технологии гранулирования и восстановления быстро-растворимого завтрака на основе творожной сыворотки и рябины обыкновенной: М — мука овсяная; С — сахарная пудра и премикс; Ж — жмых рябины обыкновенной; К — крахмал; 1 — формовочная масса; 2 — увлажненная смесь; 3 — доувлажненная смесь; 4 — влажная гранула; 5 — сухая гранула; 5–6 — процесс восстановления гранулированного завтрака до желеобразного состояния; 5–7 — процесс восстановления гранулированного завтрака до состояния мусса; 5–8 — процесс восстановления гранулированного завтрака до коллоидного состояния

хой порошкообразной и гранулированной сыворотки [1]. Гранулы имеют больший насыпной вес (ρ , кг/м³) и меньший угол (γ , град) естественного откоса, т.е. большую подвижность частиц друг относительно друга, чем исходная сыворотка.

Таблица 12.2. Сравнительные структурно-механические характеристики сухой порошкообразной и гранулированной сыворотки

Материал	γ , град	ρ , кг/м ³
Порошкообразная сыворотка	40	730–860
Сухая гранулированная сыворотка	33,5	1100–1150

Сдвиговые характеристики определялись для сухой сыворотки с массовой долей влаги (3,7–4,0)% при комнатной температуре [1]. Влажность сыворотки находилась в нормируемых пределах. Установлено, что с увеличением нормального напряжения σ и предварительного напряженного состояния $\sigma_{\text{упл}}$ растут сопротивления сдвигу, как для всех ограждающих

поверхностей $\tau_{\text{оп}}$, так и удельное τ и начальные τ_0 сопротивления. Гранулирование методом окатывания возможно только в области пластических деформаций, поэтому важен учет пластической прочности сыворотки [1].

Кинетика капиллярного влагообмена в значительной мере определяет эффективность процесса гранулообразования при окатывании влажного дисперсного материала. Специфика капиллярного влагообмена при окатывании заключается в том, что формируемая гранула непрерывно уплотняется и в связи с этим скорость влагообмена изменяется в соответствии с уплотняемостью комкуемого материала. Процесс капиллярной пропитки происходит очень медленно, вследствие ее повышенной вязкости, и, как следствие, происходит медленное перемещение жидкой фазы.

Величина пластической прочности увлажненной сыворотки существенно различается в зависимости от времени выдержки с момента приготовления увлажненной смеси. С течением времени происходит нарастание прочности уплотненной сыворотки. Это объясняется структурированием сыворотки, вызванным рядом процессов, протекающих при увлажнении сухой сыворотки. Твердение сухой увлажненной порошкообразной сыворотки происходит в результате растворения мелких кристаллов лактозы и их перекристаллизации в виде кристаллогидратов, а также за счет частичного набухания белков и склеивания ими прилегающих твердых частиц.

Характер образования связей соответствует отмечавшейся ранее способности сыворотки образовывать объемную твердую структуру при содержании сухого вещества сыворотки, начиная с 75 % и более. Таким образом, соотношение «твердое вещество — вода» при исследовании пластической прочности находится заведомо в области «блокообразования», и даже имеется некий «запас» сухого вещества, способного «связать» воду. Все это объясняет достаточно быстрое твердение увлажняемой сухой сыворотки.

Оптимальная влажность гранулирования сыворотки — 11 %, а для композиции из сыворотки и шрота ягоды — 13 %. Выявлено, что для сыворотки диапазон влажности гранулирования очень узкий: 10,5–11,5 % [1].

Установлено, что пластические свойства определяются не только свойствами растворимого порошка и содержанием в них жидкой фазы, но и характером связи влаги с твердой фазой. По мере увлажнения образцов до 2,5 % уменьшение пластической прочности обусловлено смазывающим действием влаги, адсорбированной на поверхности частиц порошка, что подтверждается определением коэффициента внутреннего трения при увлажнении. Дальнейшее повышение влажности приводит к возникновению капиллярно-адсорбционных сил связи и к увеличению пластической прочности, достигающей максимального значения при влажности 11 %. Понижение пластичности для сыворотки при этом связано с увеличением количества жидкой фазы на поверхности частиц, что приводит вначале к частичному, а затем и полному растворению порошка сыворотки [1].

Смесь для гранулирования шрота с сывороткой состоит из разных по форме и размерам частиц. В зависимости от этого формируется поровое пространство гранулы, от которого зависит и форма капилляров. Поэтому изучение удельной поверхности и среднего поверхностного диаметра частиц гранулируемых материалов целесообразно с научной и практической точек зрения.

Сравнительные значения плотности ($\rho_{\text{ист}}$, кг/м³), удельной поверхности ($S_{\text{уд}}$, м²/кг) и среднего поверхностного диаметра ($d_{\text{ср. пов.}}$, мкм) частиц, полученные в результате исследования материалов представлены в табл. 12.3 [1].

Таблица 12.3. Свойства дисперсных материалов

Материал	$\rho_{\text{ист}}, \text{кг/м}^3$	$S_{\text{уд}}, \text{м}^2/\text{кг}$	$d_{\text{ср}}, \text{мкм}$
Крахмал картофельный	1640	317,6	115,0
Мука из ягод акации	1080	815,5	90,9
Мука из ягод черники	830	1360,2	43,6
Смесь для гранулирования сухой сыворотки со шротом	1520	3951,6	98,9
Сухое обезжиренное молоко	1420	405,5	104,2
Сухая деминерализованная подсырная сыворотка	1740	255,6	97,0
Сахарная пудра	1580	415,5	10,9
Мука из корнеплодов моркови	970	1680,8	38,6
Мука из плодов ронетки	890	1636,3	41,2

Смесь для гранулирования состоит из двух основных частей — структурного грубодисперсного каркаса с размером частиц 5–400 мкм и образованной фракциями ягодной муки и сыворотки тонкодисперсной фракции.

Гранулы сухих продуктов обладают капиллярно-пористой структурой, которая существенно влияет на свойства готового продукта. На пористость гранулированных продуктов влияют их температура и влажность. При поглощении паров воды структура гранул претерпевает существенные изменения. Это объясняется тем, что повышение содержания влаги в грануляте приводит к возникновению ряда процессов в гранулах, обусловленных, главным образом, частичным растворением сахарной пудры, поглощение влаги крахмалом, а также переходом лактозы из аморфного состояния в кристаллическое, а части белка — в коллоидное. В результате этих процессов значительно изменяется пористость гранул. Кристаллизация лактозы и других сахаров вызывает появление новых пор, капилляров, трещин. При поглощении влаги крахмалом и белком происходит их набухание, а, следовательно, часть пор, капилляров и трещин частично закрывается. Этот процесс преобладает, в результате чего пористость гранул, как сыворотки, так и быстрорастворимых напитков с растительными наполнителями существенно уменьшается вследствие их увлажнения.

Исследование зависимости пористости гранулированной молочной сыворотки и сухого киселя от гранулометрического состава показало, что с увеличением диаметра гранул наблюдается ее уменьшение. Таким образом, анализ полученных результатов позволяет выбрать оптимальный для производства быстрорастворимого киселя размер гранул, который должен находиться в интервале 1–3 мм [1].

Прочность гранул сыворотки и композиций на ее основе на раздавливание исследовалась для сухих — 4–4,6% влажности и сырых, с рабочей влажностью гранулирования 9,1–10%. Установлено, что гранулы с размером до 3–3,5 мм, как молочной сыворотки, так и сывороткосодержащих композиций, имеют равномерно уплотненную по объему структуру [1]. При больших размерах в гранулах наблюдается, так называемая скорлупообразная структура, когда поверхностные слои гранул имеют большую плотность и прочность, обусловленную выходом в поверхностные слои высоконцентрированного раствора и его последующей кристаллизацией и связыванием водорастворимыми белками при сушке. Повышенная прочность гранул большего размера из сывороткосодержащих композиций обусловлена арматурным эффектом крупнодисперсной составляющей шрота ягоды. Понижение прочности гранул сы-

воротки при диаметре более 3,5 мм связано с тиксотропными свойствами сыворотки в состоянии промежуточной влажности, когда корочка ее затвердела, а сердцевина нет.

Механические характеристики гранул обнаруживают, как правило, очень широкий разброс. Это связано с отклонениями гранул от правильной геометрической формы и особенно неоднородностями и дефектами пористой структуры. При этом не все гранулы молочной сыворотки имеют максимальную прочность при минимальном размере гранул до 3,5 мм. При гранулировании могут образовываться микроскопические расслойные трещины, что снижает механическую прочность гранул.

12.4. Особенности процесса гранулирования сывороткосодержащих композиций

Как следует из анализа литературных источников и исследований структурно-механических свойств, молочная сыворотка как объект гранулирования представляет собой достаточно сложное вещество. Процесс гранулирования сухой сыворотки очень чувствителен к внесению влаги. При оптимальном значении массовой доли влаги (11 % — для сыворотки, 13 % — для сывороткосодержащих композиций шрота ягоды), количество воды, которое необходимо внести при гранулировании составляет 7–9 % [1].

За счет высокой ее гигроскопичности и хорошей растворимости порошкообразной сыворотки образуется высококонцентрированный слой, блокирующий дальнейшее продвижение жидкости. Установлено, что скорость образования и роста гранул соизмерима со скоростью твердения увлажняемой молочной сыворотки. В результате была выбрана технологическая схема процесса по «сухому» способу с дробным внесением жидкой концентрированной сыворотки [1].

Согласно разработанной технологии, гранулирование осуществляли в периодическом режиме. Сухая сыворотка помещалась в тарель, устанавливался угол наклона тарели к горизонту 45°. Скорость вращения тарели задавалась минимальной — 20 об/мин, активатора — 200 об/мин. В процессе эксперимента они плавно корректировались. Изменение угла наклона и скорости производилось по визуальному наблюдению за характером движения материала по тарели — устанавливался режим переката, а так же периодически производился отбор проб из различных мест гранулятора.

Увлажнение сыворотки осуществлялось водой или сгущенной сывороткой при помощи форсунки гидравлического (безвоздушного) распыления. Движение материала в тарели дополнительно организовывалось при помощи отбойного ножа. На рабочий процесс тарельчатого гранулятора существенно влияет как влажность исходного материала, так и влажность самого процесса окатывания. В процессе работы тарельчатого гранулятора исходный материал — сгущенная молочная сыворотка с массовой долей сухих веществ 40–70 % поступает в гранулятор с близким к оптимальному содержанию жидкой фазы при температуре пастеризации. Такое технологическое решение способствует уменьшению вязкости жидкой фазы и, кроме того, позволяет уменьшить энергетические затраты при сушке.

Экспериментальные данные по выявлению оптимальной влажности процесса гранулирования молочной сыворотки окатыванием представлены в табл. 12.4.

Таблица 12.4. Влияние влажности сыворотки на рабочие характеристики процесса грануляции

№ п/п	Влажность грануляции, W, %	Угол наклона, α, град.	Число оборотов, n, об/м	Ситовой анализ окатышей, мм, %			Примечания
				5–3	3–1	1–0,5	
1	25	40	28	—	—	—	Не гранулируется
2	16	40	28	—	8,7	91,3	Не гранулируется
3	12	40	28	20,0	46,8	33,2	Частично гранулируется
4	10	40	28	40,2	56,4	3,4	Удовлетворительно
5	8	40	28	49,6	33,6	6,8	Гранулы неправильной формы
6	6	40	28	59,4	34,6	2,0	
1	25	45	28	—	—	—	Не гранулируется
2	14	45	28	—	19,3	80,7	Частично гранулируется
3	15	45	28	59,7	36,2	4,1	Окатыши слипаются
4	12	45	28	24,6	53,7	21,7	Удовлетворительно
5	8	45	28	22,0	75,9	2,1	Хорошо
6	10,5	45	28	18,3	79,1	2,6	Хорошо
1	20	50	28	—	—	—	Не гранулируется
2	14	50	28	—	13,9	86,1	Частично гранулируется
3	15	50	28	52,9	41,4	5,7	Окатыши слипаются
4	10	50	28	11,3	52,9	35,8	Удовлетворительно
5	11	50	28	20,3	76,4	3,3	Хорошо
6	10	50	28	16	80,2	3,8	Хорошо
1	8	45	24	36,9	49,6	13,5	Неполная грануляция
2	9	45	28	7,8	91,2	1,0	Хорошо
3	9	45	32	23,7	63,7	2,6	Удовлетворительно
4	6	45	24	44,8	52,4	12,8	Неполная грануляция
5	11	45	28	8,8	89,7	1,5	Хорошо
6	12	45	32	17,1	80,1	2,8	Удовлетворительно

Анализ данных таблицы показывает, что процесс окатывания молочной сыворотки в тарельчатом грануляторе возможен при различной влажности.

При влажности грануляции от 9% до 11,5% окатывание идет полностью, окатыши имеют правильную форму и плотное сложение и отличаются значительной однородностью, до 90% всех окатышей имеет узко классифицированные размеры. По внешнему виду окатыши выглядят не только однородными по размеру, но и не блестящими, т. е. не мокрыми.

При повышении влажности процесса до 13% и постоянных значениях других параметров работы гранулятора, окатыши получаются неоднородными по размеру и форме, они слипаются, и в целом ухудшается процесс окатывания. Выявлено, что порошок сухой сыворотки при гранулировании склонен к быстрому образованию бесформенных агломератов. Подобное поведение характерно для материалов, имеющих в своем составе, подобно сыворотке, в больших количествах водорастворимые вещества, обладающие повышенной вязкостью и липкостью в концентрированном состоянии.

Непрерывное введение влаги приводит к образованию крупных гранул (более 8–10 мм) и бесформенных «ежеобразных» прочных агломератов, состоящих из мелких слипшихся гра-

нул — размером от 0,5 до 5 мм. Последнее объясняется тем, что, как это следует из проведенных ранее экспериментов по исследованию капиллярной пропитки сыворотки, скорость пропитки для сыворотки мала. В процессе зародышеобразования сначала образуются достаточно рыхлые комки различного размера, которые в процессе дальнейшего окатывания начинают уплотняться. Общего количества влаги не достаточно для дальнейшего упрочнения гранул, поступающая из форсунки влага смачивает поверхностные слои, они переувлажняются из-за малой скорости капиллярной пропитки, и это вызывает слипание гранул. Разламывание крупных гранул показало, что гранулы имеют структуру, состоящую из плотной внешней оболочки и относительно слабой и рыхлой сердцевины. Данное наблюдение справедливо только для сырой гранулы, так как со временем происходит перераспределение влаги. Учитывая это, была изменена система подачи влаги — ее стали подавать прерывисто. Введение влаги, с интервалом, необходимым для перераспределения ее во внутренние слои и вызванного этим начального уплотнения, позволило получать прочные крупные гранулы более правильной, близкой к шарообразной, формы. Все требуемое количество жидкой составляющей вносится в несколько приемов, причем, чем больше дроблений при ее внесении, тем более правильной сферичности гранул и стабильности размеров можно добиться.

Быстрая подача влаги и большими порциями вызывает повышенную скорость образования гранул, неравномерность гранулометрического состава и характеризуется преобладанием крупных (более 8 мм) фракций. Внесение избыточной влаги, более 1,5% от оптимального значения, приводит к быстрому расстройству процесса гранулирования, вызванному слипанием гранулята, с последующим «блокообразованием» больших агломератов, обладающих, при этом, повышенной пористостью.

Анализ, имеющихся в литературе данных [25, 31, 32, 33, 34, 35], а также экспериментальные исследования по слеживаемости [2] и растворимости [3] показали, что оптимальным является размер гранул из сыворотки в пределах 1–5 мм.

Проведенные исследования по гранулированию молочной сыворотки с окатыванием позволили предложить новую, оригинальную линейку продуктов питания, которые описаны в разделе IV.

12.5. Резюме по главе 12

Рассматривая процессы гранулирования концентратов молочной сыворотки с окатыванием, следует подчеркнуть вклад КемТИПП в постановку, рассмотрение и практическое решение многообразных вопросов — технология, оборудование и др. Видимо, молочная сыворотка, как БТС идеально совмещается с гранулированием окатыванием. Остается только надеяться, что эти инновационные разработки найдут практическое воплощение и все сухие кисели будут обогащаться молочной сывороткой. В заключение главы целесообразно указать на зарубежную схему получения сухой сыворотки в гранулированном состоянии под брендом «Парадиз-процесс».

12.6. Литература к главе 12

1. Попов, А. М. Научное обоснование и реализация технологических процессов производств сухих концентратов напитков с использованием молочной сыворотки [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.12/А. М. Попов. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 359 с.
2. Драпкина, Г. С. Разработка технологии сухой гранулированной молочной сыворотки методом окатывания [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Драпкина Г. С. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2002. — 94 с.
3. Постолова, М. А. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного черничного киселя на основе молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Постолова М. А. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 138 с.
4. Тихонов, В. В. Разработка и исследование технологии гранулирования творожной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Тихонов В. В. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 128 с.
5. Куприна, И. К. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного молочного киселя с плодово-овощными компонентами [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Куприна И. К. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 130 с.
6. Литвина, Е. А. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного киселя на основе ароматизированной черноплодной с добавлением молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Литвина Е. А. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. — 126 с.
7. Коновалова, О. В. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного брусничного киселя с молочной сывороткой [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Коновалова О. В. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 139 с.
8. Ветрова, Н. Т. Разработка технологии и совершенствование процессов производства быстрорастворимого гранулированного завтрака на основе молочной сыворотки и экстракта ароматизированной черноплодной [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Ветрова Н. Т. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. — 113 с.
9. Берязева, Л. Н. Разработка технологии и совершенствование аппаратного оформления производства полидисперсного гранулированного завтрака на основе творожной сыворотки и рябины обыкновенной [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Берязева Л. Н. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 120 с.
10. Сухоруков, А. В. Разработка технологии быстрорастворимого гранулированного напитка с использованием творожной сыворотки и растительного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Сухоруков А. В. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 108 с.
11. Попов, А. М. Физико-химические основы технологий полидисперсных гранулированных продуктов питания [Текст]/А. М. Попов. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002. — 324 с.
12. Попов, А. М. Анализ и синтез технологий гранулированных концентратов напитков [Текст]/А. М. Попов. — Кемерово: КемТИПП, 2003. — 245 с.
13. Панфилов, В. А. Технологические линии пищевых производств. Теория технологического потока [Текст]/В. А. Панфилов. — М.: Колос, 1993. — 288 с.
14. Храмов, А. Г. Переработка и использование молочной сыворотки. Технологическая тетрадь [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко, В. А. Павлов и др. — М.: Росагропромиздат, — 1989. — 272 с.
15. Захарова, Л. М. Новые продукты с уникальной добавкой [Текст]/Л. М. Захарова, Е. А. Крутков//Переработка молока. — 2002. — № 1. — С. 5.
16. Rumpf, H. *Grundlagen und Methoden des Granulierens* [Text]/H. Rumpf//*Chemie Ing. Techn.* — 1998. — 70, № 6. — P. 590–624.
17. Арбатская, Н. И. Способ получения молочной сыворотки в гранулах [Текст]/Н. И. Арбатская, А. Н. Конвай, Н. А. Кузин и др.//А. с. 1336285 Мкл. А 23 С 21/00. — Оpubл. 28.12.84, БИ № 22.

18. Василисина, В.В. Повышение качества сгущенных концентратов молочной сыворотки: Обзорная информация [Текст]/В.В. Василисина, П.Г. Нестеренко, А.И. Казначеев и др. — М.: ЦНИИТЭИММП, 1986. — 33 с.
19. Жидков, В.Е. Научно-технические основы биотехнологии альтернативных вариантов напитков из молочной сыворотки [Текст]/В.Е. Жидков. — Ростов-на-Дону: Из-во СКНЦ ВШ, 2000. — 153 с.
20. Подгорнова, Н.М. Получение и использование сывороточной пасты [Текст]/Н.М. Подгорнова, С.М. Петров, К.К. Полянский//Молочная промышленность. — 1999. — № 9. — С. 36–38.
21. Свириденко, Ю.Я. Сывороточные сиропы — заменители сахара [Текст]/Ю.Я. Свириденко, В.Ю. Смургин//Молочная промышленность. — 1993. — № 2. — С. 8–10.
22. Храмцов, А.Г. Безотходная технология в молочной промышленности [Текст]/А.Г. Храмцов, П.Г. Нестеренко. — М.: Агропромиздат, 1989. — 279 с.
23. Храмцов, А.Г. Справочник мастера по промышленной переработке молочной сыворотки [Текст]/А.Г. Храмцов, С.В. Василисин. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 172 с.
24. Храмцов, А.Г. Полное и рациональное использование молочной сыворотки на принципах безотходной технологии [Текст]/А.Г. Храмцов, С.В. Василисин, А.И. Жаринов и др. — Ставрополь: ИРО, 1997. — 120 с.
25. Вилесов, Н.Г. Процессы гранулирования в промышленности [Текст]/Н.Г. Вилесов, В.Ч. Скрипко, О.Л. Ломазов, И.М. Папченко. — Киев: Техника, 1976. — 192 с.
26. Витюгин, В.М. К теории окомкования влажных дисперсных материалов [Текст]/В.М. Витюгин//Томск, Известия ТПИ. — т. 272. — 1975. — С. 127.
27. Классен, П.В. Гранулирование [Текст]/П.В. Классен, И.Г. Грипасев, И.П. Шомин. — М.: Химия, 1991. — 240 с.
28. Евдокимов, И.А. Рациональная переработка молочной сыворотки [Текст]/И.А. Евдокимов, В.В. Костина, С.А. Рябцева, В.Г. Папин//Молочная промышленность. — 1996. — № 4. — С. 11–16.
29. Нестеренко, П.Г. Использование сывороточных концентратов в хлебопекарной и кондитерской промышленности. Обзорная информация [Текст]/П.Г. Нестеренко, В.В. Василисина, А.Н. Костина и др. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. — 32 с.
30. Храмцов, А.Г. Молочная сыворотка [Текст]/А.Г. Храмцов. — М.: ВО «Агропромиздат», 1990. — 240 с.
31. Бомштейн, В.Е. Новая технология получения порошкообразных смесей для напитков [Текст]/В.Е. Бомштейн, А.Ю. Демьянюк, В.Н. Малиновский и др.//Пиво и напитки. — 2002. — № 3. — С. 38–39.
32. Дворецкий, Г.В. Исследование смачиваемости порошкообразных продуктов с целью разработки одноступенчатого способа производства сухого цельного быстрорастворимого молока [Текст]/Г.В. Дворецкий//Автореф. канд. дис. — М.: МТИПП, 1972.
33. Липатов, Н.Н. Проблемы производства сухого быстрорастворимого молока [Текст]/Н.Н. Липатов//Молочная промышленность. — 1970. — № 11. — С. 11–13.
34. Таран, А.Л. Оценка условий обеспечивающих гранулирование порошков окатыванием [Текст]/А.Л. Таран, Г.А. Носов//Химическая промышленность. — 2000. — № 3. — С. 169–172.
35. Тарасов, К.И. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологии и техники восстановления сухого молока [Текст]/К.И. Тарасов//Автореф. дис. на соиск. ученой степени доктора техн. наук. — М., ВАСХНИЛ, 1991. — 39 с.

Глава 13

Биотрансформация компонентов молочной сыворотки

13.1. Общие положения

Исходя из компонентного состава молочной сыворотки как сложнейшей биотехнологической системы (БТС), на ее составляющие в понимании кластеров вполне логично можно распространить современные взгляды [1] Геномики и ее интерпретацию к молочному сырью — Лактоомику, а также Липидомику, Протеомику и Гликоомику (в нашем случае Лактозомику). Руководствуясь фундаментальными положениями этих наук, рассмотрим биотрансформацию компонентов молочной сыворотки, применительно к процессам ее промышленной переработки. Естественно, эти процессы должны классифицироваться как нанобиотехнология. В соответствии с предложенной нами Концепцией инновационных технологий молочного дела [2] в общем виде биотрансформацию основных компонентов молочной сыворотки можно представить в виде гипотетической схемы-системы (рис. 13.1) по Г. Килвайну (Германия).

Направленное воздействие на компоненты молочной сыворотки для получения их производных достаточно хорошо изучено и освещено применительно к лактозе [3, 4, 5]. Например, процесс гидролиза лактозы, всесторонне изученный школой член-корр. Россельхозакадемии Ю.Я. Свириденко (ВНИИМС) [6, 7], приведенный на рис. 13. 2, показывает, как из дисахарида лактозы (1 нм) получают две монозы — глюкозу и галактозу с размером на уровне 0,5 нм. При этом решается проблема т. н. непереносимости молока, имеющая глобальный характер. Данный процесс, как впрочем, и изомеризация лактозы в лактулозу и другие производные, является ярчайшим доказательством жизнеутверждения нанотехнологий молочного дела на примере основного компонента молочной сыворотки.

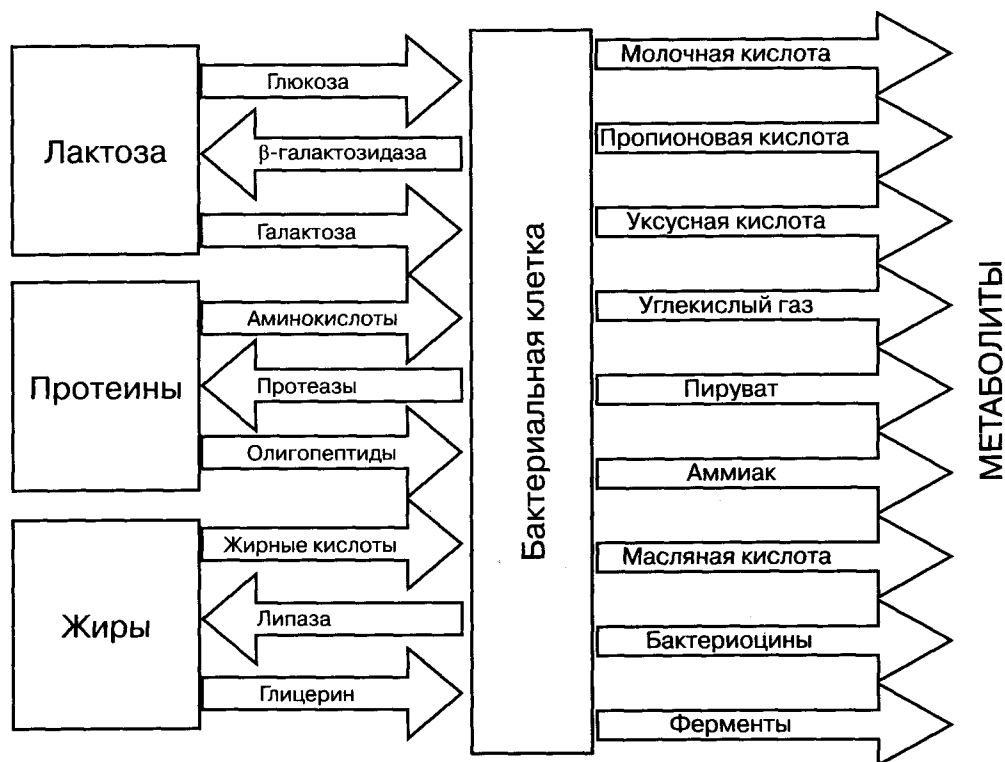


Рис. 13.1. Гипотетическая схема реализации биотехнологии продуктов из молочной сыворотки

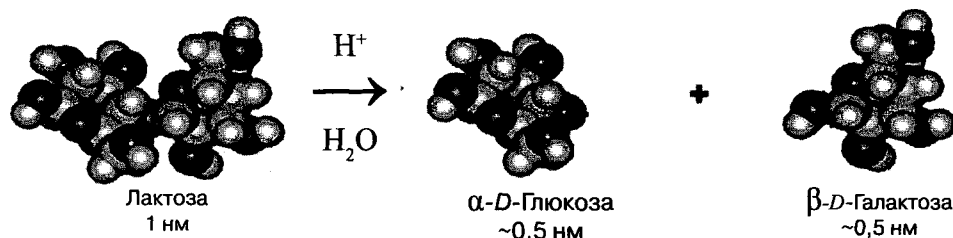


Рис. 13.2. Схема гидролиза лактозы молочной сыворотки

Применительно к биотрансформации лактозу в лактулозу на уровне нанотехнологии кластеров реализована [8, 9] методология нейронных сетей (искусственного интеллекта). На рис. 13.3 показана эффективность нейросетевой аппроксимации процесса изомеризации лактозы в лактулозу на современном фрактале статистической обработки.

Получение производных путем протеолиза (гидролиза) сывороточных белков все больше привлекает внимание ученых и практиков. Гидролиз (липолиз) молочного жира, применительно к молочной сыворотке, вряд ли привлечет внимание исследователей. Аналогичное отношение к минеральному комплексу и БАВ, хотя эти компоненты представляют собой «открытую книгу».

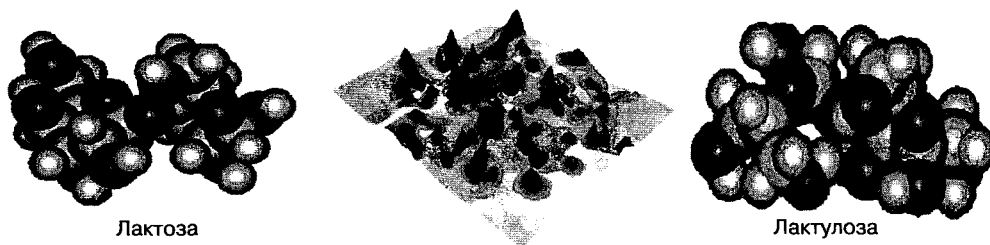


Рис. 13.3. Эффективность нейросетевой аппроксимации процесса изомеризации лактозы в лактулозу

Отдельного и особого внимания заслуживает биологическое воздействие на молочную сыворотку — сбраживание микроорганизмами с получением бактериоцинов. Это самостоятельная и серьезная работа, которой посвятил свою творческую жизнь наш коллега, проф. Михаил Валентинович Залашко (1929–2003 гг.). Их совместная с супругой Лидией Васильевной монография «Микробный синтез на молочной сыворотке» [10] и обстоятельный труд «Биотехнология продуктов из молочной сыворотки» [11] и сегодня востребованы исследователями, практиками и обучающимися во всем мире.

Следует обратить внимание, что тема биотехнологической обработки молочной сыворотки различными способами микробного синтеза и ферментативного катализа постоянно присутствует в портфеле исследователей многих стран. Это особенно четко можно проследить по докладам на международных конференциях по молочной сыворотке [12, 13, 14, 15, 16] и тематических мероприятиях [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23], а также по публикациям в ведущих отраслевых журналах «Молочная промышленность» и «Переработка молока» [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36]. Интерполируя этот многообразный файл информации на объекты монографии, можно достаточно уверенно утверждать: молочная сыворотка нашла свое место в отрасли и достойна специального внимания. Перечисленные выше информационные файлы подтверждают — альтернативы нет, возможно только движение вперед на основе достигнутого в науке и практике.

Априорным ранжированием, с учетом глобальной цели монографии, — феномен молочной сыворотки, с практикой его подтверждения на уровне результатов исследований в нашей стране и мире (с исключением повтора ранее опубликованных материалов), для данной главы выбраны процессы гидролиза лактозы до моноз, изомеризация лактозы в лактулозу и протеолиз (гидролиз) сывороточных белков с регулированием аминокислотного состава продуктов (фенилкетонурия), а также биотрансформация лактозы и ее производных микроорганизмами. Впервые будет освещен вопрос одновременного гидролиза лактозы и протеолиза белков на принципах гликопротеомики.

13.2. Особенности гидролиза лактозы в молочной сыворотке

Проблема направленного и управляемого гидролиза лактозы молочного сырья с получением моноз — глюкозы и галактозы имеет глобальное значение [37, 38] и достаточно хорошо проработана [39, 40, 41]. Во всем мире производится т. н. «низколактозное молоко» [42, 43, 44, 45]. Например, в г. Ставрополе по инициативе ген. директора молочного комбината «Ставропольский» С. В. Анисимова по программе «Здоровый город» в 2009 г., несмотря на все кри-

зисные «пугалки», освоено производство такого молока в стерилизованном виде. Продукт продается по фиксированной цене и пользуется спросом. К сожалению, этот яркий пример практической модернизации в молочной отрасли, кстати, имеющий непосредственное отношение к обеспечению продовольственной независимости (безопасности) страны и подготовки к Олимпиаде-2014 в Сочи, прошел незаметно.

Применительно к молочной сыворотке гидролиз лактозы в свое время изучался в рамках Государственной Программы (совместно с НИИ Биохимии им. А.Н. Баха АН СССР) СКФ ВНИИМС [46, 47] и системно школой проф. Ю.Я. Свириденко [48]. Теперь это уже история для обзоров. В последнее время процесс гидролиза лактозы рассмотрен специально для обеспечения линейки продуктов в гелеобразном виде С.Г. Козловым [49]. Специальные исследования по технологии низколактозных напитков из молочной сыворотки проведены в КемТИПП О.В. Козловой [50]. Системные исследования, применительно к гидролизу лактозы в ультрафильтратах (пермеатах), были поставлены в нашем творческом коллективе [30, 34, 41, 51, 52, 53, 54, 55, 56].

Краткое содержание этих исследований и полученные результаты изложены далее.

13.2.1. Технологические параметры гидролиза лактозы в молочной сыворотке ферментным препаратом *Ha-Lactase* из молочных дрожжей *K. fragilis*

Влияние концентрации препарата *Ha-Lactase* (β -галактозидазы фирмы Хр. Хансен), кислотности и времени гидролиза молочной сыворотки на степень гидролиза лактозы показано в табл. 13.1 [49].

Таблица 13.1. Влияние параметров на степень гидролиза лактозы ($\bar{X} \pm m$; $m \leq 0,05$)

Доза β -галактози- дазы, %	Степень гидролиза, %, при активной кислотности и продолжительности гидролиза											
	6,50				6,12				5,25			
	2 ч	3 ч	4 ч	24 ч	2 ч	3 ч	4 ч	24 ч	2 ч	3 ч	4 ч	24 ч
0,02	0	0	0	97	0	27	27	83	0	0	0	0
0,04	16	20	54	97	70	73	81	83	13	13	13	13
0,06	27	51	70	97	70	81	83	89	13	13	13	13
0,08	40	83	89	97	70	89	89	97	13	13	13	13

Степень гидролиза лактозы в молочной сыворотке возрастает с увеличением концентрации фермента. В раскисленной сыворотке активность β -галактозидазы, внесенной в повышенных концентрациях, выражена в меньшей степени, чем в образце с pH 6,12. Данный факт, возможно, обусловлен снижением активности фермента за счет ионов Na^+ , концентрация которых увеличивается в системе при раскислении с использованием щелочных агентов. О такой возможности изменения свойств β -галактозидазы отмечено проф. И.С. Хамагаевой [57].

Известно, что температура в ферментативных реакциях является одним из существенных факторов [58]. Результаты исследований по определению оптимальной температуры гидролиза лактозы в сыворотке представлены в табл. 13.2 [49].

Таблица 13.2. Влияние температуры на степень гидролиза лактозы ($\bar{X} \pm m; m \leq 0,05$)

Доза β -галакто- зидазы, %	Степень гидролиза, %, при температуре ферментации и продолжительности гидролиза											
	(35 \pm 1) °C				(40 \pm 1) °C				(45 \pm 1) °C			
	2 ч	3 ч	4 ч	24 ч	2 ч	3 ч	4 ч	24 ч	2 ч	3 ч	4 ч	24 ч
0,02	0	16	20	83	0	27	27	83	46	46	46	97
0,04	59	67	75	97	70	73	81	83	51	91	91	97
0,06	65	70	78	97	70	81	83	89	54	91	91	97
0,08	70	78	91	97	70	89	89	97	56	91	91	97

Выявлены оптимальные параметры ферментации: доза фермента 0,04–0,06 %, температура ферментации (45 \pm 1) °C. При 50 °C наблюдается низкая степень гидролиза лактозы в молочной сыворотке даже после 24 часов, вследствие снижения активности ферментного препарата [49]. В табл. 13.3 [49] показан углеводный состав гидролизованной сыворотки.

Таблица 13.3. Влияние дозы β -галактозидазы и продолжительности гидролиза на состав углеводов гидролизованной сыворотки при pH 6,50 ($\bar{X} \pm m; m \leq 0,05$)

Доза β -галактозидазы, %	Массовая доля углеводов, %,		
	Лактозы	Глюкозы	Галактозы
Продолжительность гидролиза 2 ч			
0,02	3,70	0	0
0,04	3,10	0,30	0,27
0,06	2,70	0,50	0,45
0,08	2,20	0,70	0,65
Продолжительность гидролиза 3 ч			
0,02	3,70	0	0
0,04	2,96	0,37	0,33
0,06	1,81	0,90	0,85
0,08	0,63	1,46	1,35
Продолжительность гидролиза 4 ч			
0,02	3,70	0	0
0,04	1,70	1,00	0,90
0,06	1,11	1,23	1,17
0,08	0,41	1,56	1,45
Продолжительность гидролиза 24 ч			
0,02	0,11	1,79	1,65
0,04	0,11	1,79	1,61
0,06	0,11	1,70	1,61
0,08	0,11	1,70	1,59

Анализ приведенных результатов показывает, что с уменьшением концентрации ферментного препарата соотношение глюкозы и галактозы увеличивается в сторону повышения концентрации глюкозы. Напротив, при увеличении дозы фермента разница в концентрациях образующихся моносахаридов сокращается. Данное свойство ферментного препарата β -галактозидазы в литературе описывают как способность к трансгликозилированию [59].

Фермент может переносить на подходящий акцептор галактозильный остаток, лишенный кислорода. Такими акцепторами могут служить сахара, спирты и другие соединения. Соотно-

шение гидролитической и трансгликозилирующей активностей зависит от источника получения β -галактозидазы и может быть различным.

На рис. 13.4 представлено изменение концентрации продуктов гидролиза лактозы вследствие проявления трансгликозилирующей активности β -галактозидазы.



Рис. 13.4. Влияние дозы β -галактозидазы и продолжительности гидролиза на трансгликозилирующую активность при pH 6,50: 1 – 0,02%; 2 – 0,04%; 3 – 0,06%; 4 – 0,08%

Наименьшая трансгликозилирующая активность ферментного препарата отмечена при pH 6,12. Следовательно, данное значение pH среды является оптимальным для проведения гидролиза.

Оценивая характер биотрансформации лактозы по значениям глюкозо-галактозного коэффициента, можно отметить, что равновесного течения распада лактозы не выявлено, что связано с трансгликозилирующей активностью β -галактозидазы (независимо от условий концентрация глюкозы увеличивается более интенсивно). Процесс нуждается в более детальном изучении применительно к синтезу галактоолигосахаридов [60, 61, 62].

В табл. 13.4 приведены результаты гидролиза лактозы при оптимальных условиях, которые установлены на основе обобщения и систематизации полученных данных [49]. По результатам проведенных исследований выявлены рациональные параметры гидролиза: температура $(45 \pm 1)^\circ\text{C}$, pH среды 6,12, доза фермента от 0,04 до 0,06%, продолжительность гидролиза 4 часа.

Таблица 13.4. Рациональные параметры гидролиза лактозы в молочной сыворотке ($\bar{X} \pm m$; $m \leq 0,05$)

Параметры				Массовая доля в гидролизованной сыворотке, %					
Доза β -галактозидазы, %	pH	Температура, $^\circ\text{C}$	Продолжительность, ч, не более	$K_{r/r}$	Степень гидролиза, %	Лактозы	Глюкозы	Галактозы	Продуктов трансгликозилирования
0,04	6,12	45	4	1,05	91	0,33	1,60	1,52	0,17
0,06	6,12	45	3	1,10	91	0,33	1,68	1,52	0,25

Использование данных параметров гидролиза позволяет придать требуемые свойства молочной сыворотке, которую в дальнейшем можно использовать в качестве основы в производстве функциональных продуктов, в том числе слабоалкогольных тонирующих напитков и низколактозных сывороточных гелеобразных продуктов. Реализация полученных результатов изложена в разделах III и IV.

13.2.2. Ферментативный гидролиз лактозы в ультрафильтратах (пермеатах) молочной сыворотки

Творческим коллективом кафедры прикладной биотехнологии СевКавГТУ (докторант А. Д. Лодыгин, канд. техн. наук А. Г. Варданян, аспиранты Н. С. Донской, Е. Ю. Пашина) исследованы закономерности процесса ферментативного гидролиза лактозы в пермеате молочной сыворотки с использованием методов электромембранной обработки (электродиализ и электрохимическая активация) применительно к технологии продуктов с пониженным содержанием лактозы и пребиотических концентратов с регулируемым углеводным и минеральным составом.

Кинетические закономерности ферментативного гидролиза лактозы под действием препаратов дрожжевой и грибной β -галактозидазы. Изучена кинетика ферментативного гидролиза лактозы в пермеате подсырной сыворотки с использованием препаратов дрожжевой (*Maxilact*, *Ha-Lactase*) и грибной (Лактоканесцин) β -галактозидазы. Интервалы температур ферментации для каждого из использованных препаратов были выбраны с учетом априорной информации о свойствах β -галактозидаз (лактаз) дрожжевого и грибного происхождения [61] и рекомендаций фирм-производителей. При проведении гидролиза с использованием препаратов *Ha-Lactase* и *Maxilact* исследования проводились при температурах 25, 30, 35, 40 °С, для препарата «Лактоканесцин» — при температурах 45, 50, 55, 60 °С. Степень гидролиза лактозы определяли модифицированным криоскопическим методом [54]. Результаты исследований представлены на рис. 13.5, 13.6, 13.7 [41, 51, 52].

Анализ кинетических закономерностей ферментативного гидролиза лактозы в пермеате подсырной сыворотки показывает, что реакция протекает с наиболее высокой скоростью в течение 1–1,5 ч с момента инокуляции препарата лактазы. Далее наблюдается стабилизация реакции при значениях степени гидролиза, близких к максимальным, для данных температуры и вида ферментного препарата, связанная с эффектом лимитирования недостатком субстрата.

Сравнительный анализ эффективности использования препаратов лактазы дрожжевого и грибного происхождения в технологии концентратов с гидролизованной лактозой показали, что применительно к пермеату подсырной сыворотки предпочтительно использовать грибные препараты. При оптимальной температуре (30 °С — для дрожжевых лактаз, 50 °С — для грибной лактазы) препарат «Лактоканесцин» характеризуется более высокой скоростью реакции, меньшей продолжительностью ферментации и максимальным выходом продуктов реакции (89,5% от исходной концентрации лактозы в пермеате).

Относительно невысокий выход продуктов гидролиза под действием препаратов *Ha-Lactase* и *Maxilact* (70–76% от исходной концентрации лактозы в пермеате) при оптимальных значениях температуры ферментации 30 °С и рН пермеата подсырной сыворотки 6,3–6,6, соответствующего рН-оптимуму ферментов, объясняется ингибированием гидролитического действия ионами Na^+ и Cl^- .

При длительной ферментации (4–6 ч для препаратов дрожжевой лактазы и 3–4 ч для грибной лактазы) в ряде случаев отмечено снижение степени гидролиза относительно максимальных значений. Данный эффект, предположительно, объясняется проявлением трансгалактозилирующей активности изученных β -галактозидаз при высоких концентрациях продуктов



Рис. 13.5. Кинетика ферментативного гидролиза лактозы под действием препарата *Ha-Lactase* при температурах ферментации: 1 — 25 °C, 2 — 30 °C, 3 — 35 °C, 4 — 40 °C

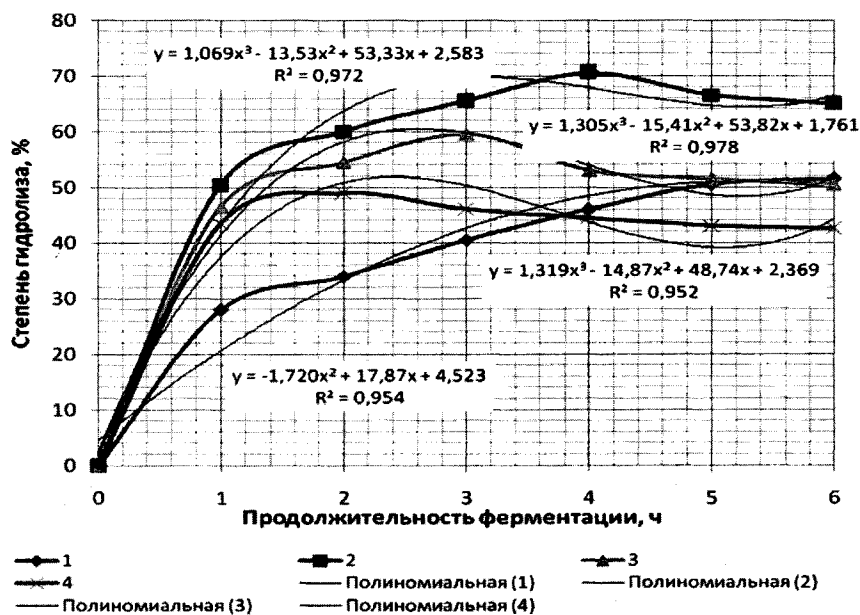


Рис. 13.6. Кинетика ферментативного гидролиза лактозы под действием препарата *Maxilact* при температурах ферментации: 1 — 25 °C, 2 — 30 °C, 3 — 35 °C, 4 — 40 °C

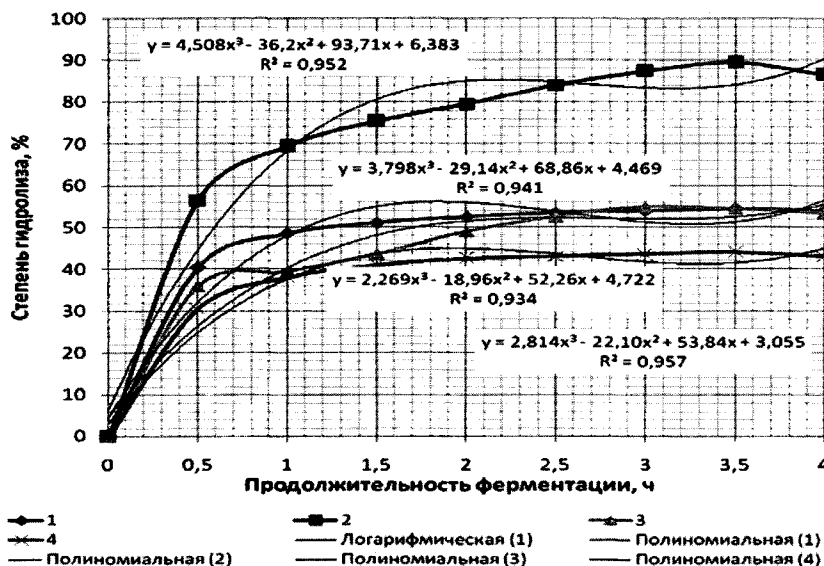


Рис. 13.7. Кинетика ферментативного гидролиза лактозы под действием препарата «Лактоканесцин» при температурах ферментации: 1 — 45 °C, 2 — 50 °C, 3 — 55 °C, 4 — 60 °C

реакции гидролиза лактозы. Полимеризация остатков галактозы приводит к уменьшению молярной концентрации в фазе истинного раствора и, как следствие, повышению точки замерзания пермеата, содержащего продукты реакций гидролиза и транслактозилирования лактозы. Исследования транслактозилирующей активности препаратов лактазы *Ha-Lactase*, *Maxilact*, «Лактоканесцин» и закономерностей направленного ферментативного синтеза галактоолигосахаридов (ГОС) в лактозосодержащем сырье получили развитие в работе аспиранта А. Б. Родной (научный руководитель — доц. А. Д. Лодыгин). Это отдельная, самостоятельная проблема.

Влияние минерального состава пермеата на степень гидролиза лактозы. Была изучена возможность повышения степени гидролиза лактозы при использовании препаратов дрожжевой β -галактозидазы за счет регулирования минерального состава пермеата подсырной сыворотки. Для установления влияния минеральных веществ сыворотки на процесс гидролиза лактозы в пермеате, была проведена деминерализация методом электродиализа до 90 %-го уровня.

Ферментативный гидролиз лактозы в деминерализованном пермеате подсырной сыворотки проводился в сравнении с контролем (образцы, не подвергнутые деминерализации) при температуре 30 °C с использованием препаратов *Maxilact* (образец № 1) и *Ha-Lactase* (образец № 2). Данные, полученные по результатам эксперимента, представлены в табл. 13.5 [51, 52].

Эксперименты, проведенные с пермеатом натуральной и деминерализованной сыворотки, показали, что удаление в процессе электродиализной обработки одновалентных катионов и анионов способствует повышению активности ферментных препаратов и выхода целевых продуктов реакции гидролиза лактозы.

Таблица 13.5. Влияние минерального состава пермеата подсырной сыворотки на степень гидролиза лактозы

Продолжительность ферментации, ч	№ образца препарата	Степень гидролиза лактозы, %, для пермеата	
		Деминерализованного	Натурального
1	1	58,3	51,5
	2	53,5	50,5
2	1	66,2	61,5
	2	63,1	60,0
3	1	74,2	69,0
	2	71,9	65,5
4	1	82,0	73,5
	2	77,8	70,5
5	1	81,5	76,0
	2	80,5	66,5

Влияние pH и электрохимической активации пермеата на активность ферментного препарата. При проведении ферментативного гидролиза лактозы в различных видах молочного сырья в ряде случаев возникает проблема несовместимости pH-оптимума используемого препарата β -галактозидазы и значений pH реакционной среды. Недостатками использования минеральных кислот и щелочей для создания оптимальных для протекания ферментативного гидролиза значений pH среды являются опасность необратимых изменений компонентов молочного сырья, в первую очередь, белков; необходимость дополнительной деминерализации получаемого продукта, а также ингибирование фермента. В связи с этим были реализованы экспериментальные исследования по изучению закономерностей ферментативного гидролиза лактозы в пермеате подсырной сыворотки, обработанном методом электрохимической активации.

При электроактивации pH пермеата регулировали в пределах от 4,0 до 5,5. Ферментный препарат «Лактоканесцин» вводился в пермеат после установления фиксированных значений pH среды и оптимальной температуры процесса 50 °C. Результаты исследований представлены в табл. 13. 6 [41, 51].

Таблица 13.6. Влияние pH пермеата, подвергнутого электроактивации на эффективность ферментативного гидролиза лактозы

pH	Степень гидролиза, %		Продолжительность ферментации до достижения максимальной степени гидролиза, ч	
	1	2	1	2
4,0	54	36	2–2,5	3
4,5	67,5	43,3	2,5–3	2,5–3
5,0	77,5	64,6	3–3,5	3–3,5
5,5	72,0	48	2,5	2–3

Примечание. Варианты обработки пермеата: 1 — с использованием электрохимической активации, 2 — контроль (без электрохимической активации).

Анализ экспериментальных данных показывает, что при электроактивации пермеата с последующим внесением ферментного препарата повышается выход продуктов гидролиза лактозы, сокращается продолжительность ферментации. Способ ферментативного гидроли-

за лактозы в пермеате молочной сыворотки, подвергнутом электрохимической активации является ноу-хау и защищен патентом [64].

Оптимизация процесса ферментативного гидролиза лактозы в пермеате подсырной сыворотки, подвергнутой электрохимической активации. Для установления оптимальных технологических параметров процесса был спланирован двухфакторный эксперимент, параметры которого представлены в табл. 13.7 [41, 51].

Таблица 13.7. Параметры двухфакторного эксперимента

Уровни варьирования	Входные факторы	
	Температура, X_1 , °C	pH, X_2
0	50	5,0
–1	45	4,5
+1	55	5,5
–R	43	4,3
+R	57	5,7

В качестве функции отклика была выбрана степень гидролиза лактозы, Y . Результаты двухфакторного эксперимента и математической обработки опытных данных приведены в табл. 13.8.

Таблица 13.8. Результаты двухфакторного эксперимента

№	Матрица планирования		Экспериментальное значение (Y_1)	Расчетное значение (Y_2)	$\Delta = Y_1 - Y_2$
1	–1	–1	58,5	56,249	–6,749
2	–1	+1	60	58,156	1,844
3	+1	–1	89	78,844	10,156
4	+1	+1	86	71,751	14,249
5	0	–R	49	44,012	5,488
6	0	+R	48	63,238	15,238
7	–R	0	88	88,390	–0,390
8	+R	0	69	78,360	–9,360
9	0	0	77	77,400	–0,400
10	0	0	78	77,400	0,600
11	0	0	79	77,400	1,600
12	0	0	76	77,400	–1,400
13	0	0	77	77,400	–0,400

Математическая обработка экспериментальных данных позволила получить уравнение регрессии для выходного параметра Y , адекватно описывающее процесс гидролиза лактозы в пермеате творожной сыворотки, подвергнутой электроактивационной обработке:

$$Y = 77,400 + 6,797 \cdot X_1 - 3,546 \cdot X_2 - 11,888 \cdot X_1^2 + 2,988 \cdot X_2^2 \quad (13.1)$$

Поверхность отклика выходного параметра Y и ее сечение представлены на рис. 13.8.

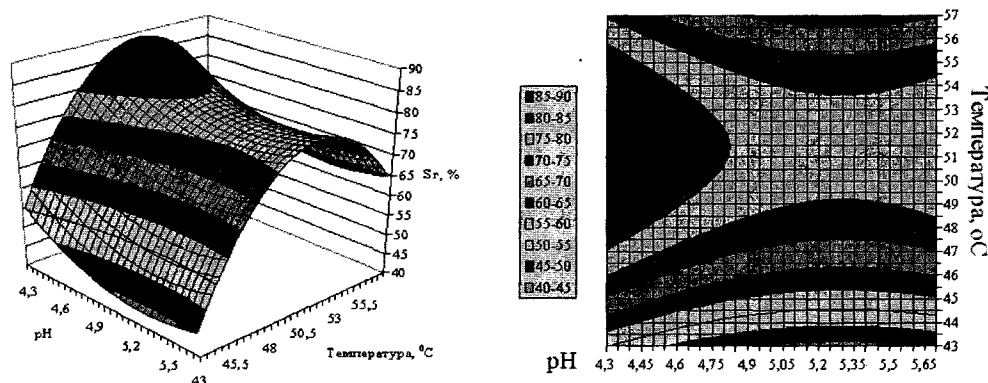


Рис. 13.8. Поверхность отклика и сечение поверхности отклика выходного параметра Y (степень гидролиза лактозы)

Анализ математической модели и ее графической интерпретации позволили установить оптимальные параметры процесса ферментативного гидролиза лактозы в пермеате подсырной сыворотки, электрохимической активации, при которых достигается степень гидролиза лактозы не менее 80 % от исходной концентрации лактозы:

- температура (51 ± 4) $^{\circ}\text{C}$;
- pH среды ($4,5 \pm 0,25$).

Результаты экспериментальных исследований были использованы при разработке стандарта организации на производство концентратов на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой. Работа в данном направлении продолжается [30, 34, 56]. В принципе видится проект с брендом «МиЛа» (минимум лактозы), аналогичный прекрасной зарубежной разработке «HyLa» — гидролиз лактозы [42].

13.3. Современные способы синтеза лактулозы

Проблема синтеза и использования пребиотика № 1 — **лактозы** (фруктозид-галактозид) достаточно хорошо изучена в мире и нашей стране [3, 8, 65]. Бифидогенные свойства и медицинские аспекты ее применения делают честь молочной сыворотке, из которой получают исходное сырье для синтеза этого «чуда из молока». А гимн лактулозе американских авторов [66] является непревзойденным шедевром для доказательства уникальных возможностей, тающихся в молочной сыворотке, ее компонентах и их производных.

Проф. В. П. Яковлев [67] после многосторонних испытаний лактулозы в клиниках Москвы и Санкт-Петербурга сделал вывод, что «лактоза — это первый реальный шанс выживания большого слоя больных с печеночной комой» (подробно в главе 21). Что еще нужно для доказательства феномена и уникальных свойств объекта нашей монографии! Видимо, поэтому Правительство РФ присудило нашему творческому коллективу премию (14 лауреатов) в области науки и техники за разработки в области получения и применения этого пребиотика для продуктов функционального питания и напитков нового поколения.

В плане инновационных приоритетов представляется целесообразным остановиться на последних (новейших) достижениях в области исследований синтеза лактулозы. Из многочисленной информации для описания выбраны химический синтез с гуанидином, ионооб-

менная обработка, борселективная изомеризация в концентрированных растворах и катализ реакции низкомолекулярными азотсодержащими соединениями. В качестве перспективных методов видятся биотрансформация [68, 69] и лазерная обработка [70] растворов лактозы.

13.3.1. Синтез лактулозы с гуанидином в ультрафильтратах молочной сыворотки

Обоснование технологических параметров получения концентратов лактулозы из фильтратов молочной сыворотки было специально исследовано Г.Б. Гавриловым [71]. Автором рассмотрены проблемы технологической подготовки фильтратов молочной сыворотки к изомеризации лактозы в лактулозу. Сыворотку подвергали одноступенчатой или двухступенчатой ультрафильтрации. Дополнительно рассматривали способ предварительной обработки пермеата, полученного после одноступенчатой ультрафильтрации, через фильтр-пресс. Наиболее предпочтительным способом, как с экономических позиций, так и точки зрения обеспечения технологических свойств, является одноступенчатая обработка с последующим фильтр-прессованием [72].

Известно, что для трансформации лактозы в лактулозу необходимы акцепторы протонов, поставщиками которых обычно являются различные реагенты, дающие при растворении щелочную среду. Априорная информация, а также результаты предварительных экспериментов позволили Г.Б. Гаврилову обосновать возможность использования в качестве катализатора процесса изомеризации гуанидин (рис. 13.9).

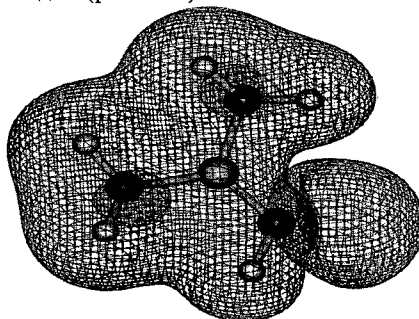


Рис. 13.9. Структура молекулы гуанидина (длина связи, валентные углы, заряды атомов)

Анализ физико-химических свойств гуанидина показывает, что по кислотно-основным свойствам он не уступает сильным основаниям, в частности гидроксиду кальция или бария (табл. 13.9) [71].

Таблица 13.9. Кислотно-основные свойства оснований

Наименование основания	Величина константы диссоциации	<i>pK</i>
Гуанидин	$3,55 \cdot 10^{-1}$	0,55
LiOH	$6,8 \cdot 10^{-1}$	0,17
Ca (OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-3}$	1,40
Ba (OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-1}$	0,64

С целью прогнозирования кислотно-основных свойств в процессе изомеризации лактозы в водно-щелочных средах рассмотрено строение молекулы гуанидина с использованием пакета прикладных программ *HyperChem Release 7.01 for Windows Molecular Modeling System*. Строение гуанидина получено расчетом геометрии молекулы методом молекулярной механики по алгоритму *Polak-Ribeire*, а также методом локального минимума в силовом поле *Amber 2*. Результаты расчетов показаны на рис. 13.10.

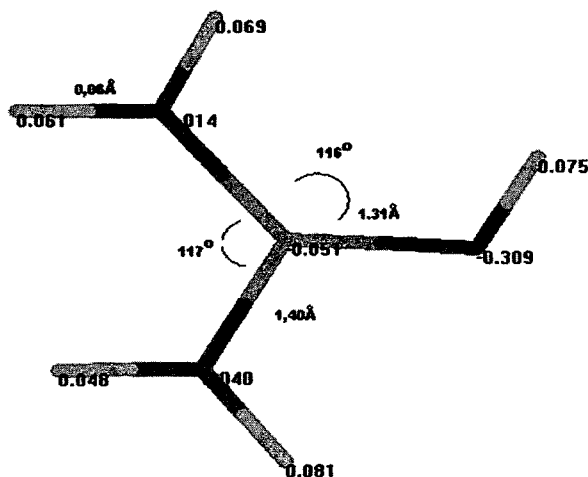


Рис. 13.10. Строение молекулы гуанидина

На представленном рисунке хорошо видны области повышенной электронной плотности, которые являются нуклеофильными центрами, играющими роль акцепторов протонов в процессе изомеризации лактозы в лактулозу.

В рамках изучения влияния основных технологических параметров на процесс изомеризации лактозы в лактулозу в присутствии гуанидина проведена его комплексная оптимизация. Осуществлен отбор переменных параметров, оказывающих значимое влияние на степень изомеризации лактозы в лактулозу, а также определены интервалы их варьирования [71]:

- массовая доля лактозы в сгущенном фильтрате (от 20 до 50 %);
- рабочий pH раствора лактозы (от 9,5 до 12,0);
- массовая доля гуанидина и карбоната гуанидина (в зависимости от начального и рабочего pH раствора лактозы от 0,5 до 7,0 %);
- температура (от 60 до 95 °C);
- продолжительность процесса (в зависимости от температуры 15–180 мин).

Установлена область искомого значения функции отклика на уровне 27 % лактулозы для гуанидина и 48,0–52,0 % для карбоната гуанидина. Для этого температура процесса должна варьировать 60–85 °C, pH 9,8–10,8, массовая доля лактозы в растворе 30–44 % (рис. 13.11) [71].

Полученные результаты использованы при оптимизации параметров технологии и очистки изомеризованных растворов от посторонних примесей.

Исследование способов деминерализации растворов лактулозы. На рис. 13.12 показан темп удаления некоторых макроэлементов из растворов лактулозы [71, 73].

Анализ приведенных результатов не противоречит результатам исследований по обессоливанию сыrovотки и ее концентратов.

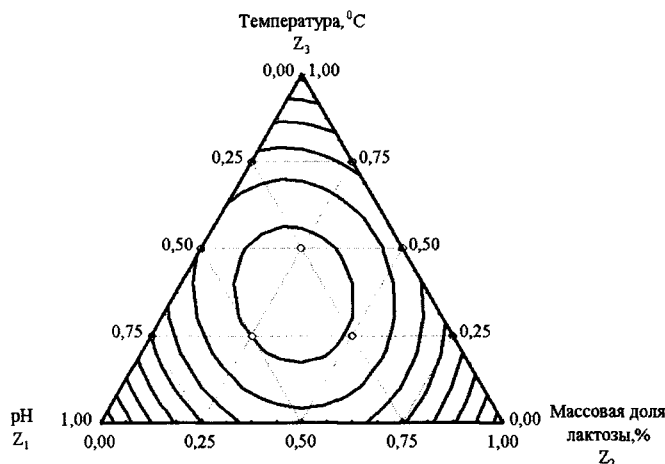


Рис. 13.11. Изолинии степени изомеризации лактозы в лактулозу

Исследованы кинетические закономерности изменения активной кислотности раствора. Массовая доля сухих веществ в обрабатываемом растворе составляла 18–20 %, плотность тока не превышала 200 А/м². Постановку опытов осуществляли после достижения показателя $S_1 \geq 85\%$ без снижения pH до $(3,5 \pm 0,5)$. Результаты проведенных исследований показаны в таблице 13.10 [71, 73].

Таблица 13.10. Кинетика изменения активной кислотности растворов лактулозы при электродиализной обработке

Продолжительность электродиализа, мин	Плотность тока, А/м ²					
	100±10		120±10		140±10	
	УД, %	pH	УД, %	pH	УД, %	pH
0	0	7,5	0	7,5	0	7,5
30	25	7,2	31	7,1	21	7,3
60	36	6,8	42	6,7	32	7,1
90	48	6,2	53	6,3	40	6,6
120	54	6,0	58	5,9	48	6,0
150	55	5,9	60	5,8	52	6,3

Примечание: УД — уровень деминерализации, %.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что рациональной плотностью тока для деминерализации растворов лактулозы является (120 ± 10) А/м². Однако уровень деминерализации в данном случае не превышает 60 %.

Обеспечение высокоэффективной деминерализации возможно с использованием ионообменной обработки растворов. Г. Б. Гавриловым предложены технологические режимы сорбции минеральных элементов на ионитах КУ-8 ЧС и АВ-17, обеспечивающие массовую долю золы в растворах лактулозы (с массовой долей сухих веществ 30 %) не более 0,3 %. Далее раствор концентрировали для получения препарата лактулозы бренда «Лазет», который использовался в качестве компонента пищевых продуктов и кормовых средств специального назначения, а также БАВ и лечебной практике. Технология этих продуктов излагается в главе 18.



Рис. 13.12. Зависимость темпа удаления некоторых макроэлементов в процессе деминерализации растворов лактулозы: 1 — калий; 2 — натрий; 3 — гуанидин; 4 — бор

13.3.2. Изомеризация лактозы в лактулозу на ионитах

Реализация концепции проф. С. А. Рябцевой [65] по использованию анионообменной обработки лактозосодержащих растворов с целью синтеза лактулозы [74, 75] проведена в системных работах нашего творческого коллектива [76, 77].

С. В. Лодыгина изучала статику и кинетику анионообменной обработки растворов лактозы и творожной сыворотки. Полученные результаты приведены в табл. 13.11 [76].

Таблица 13.11. Влияние режимов анионообменной обработки на состав творожной сыворотки

Температура, °С	Отношение объемов ионит-сыворотка	Массовая доля, %			
		Сухих веществ		Золы	
		1	2	1	2
30	1 : 3	6,2	5,7	0,65	0,49
	1 : 5	6,2	5,8	0,65	0,54
	1 : 7	6,2	5,9	0,65	0,62
40	1 : 3	6,2	5,4	0,65	0,38
	1 : 5	6,2	5,6	0,65	0,46
	1 : 7	6,2	5,8	0,65	0,57
50	1 : 3	6,2	5,4	0,65	0,42
	1 : 5	6,2	5,5	0,65	0,48
	1 : 7	6,2	5,7	0,65	0,59

Примечание. В таблице обозначены массовые доли сухих веществ и золы: 1 — в исходной сыворотке, 2 — после ионообменной обработки

Наиболее эффективная деминерализация творожной сыворотки достигается при соотношении объемов твердой и жидкой фаз 1 : 3 в интервале температур 40–50 °С, что можно объяснить удалением анионов молочной сыворотки, в первую очередь, хлорид-ионов. В то же время, с ростом температуры и уменьшением количества обрабатываемого сырья на единицу объема ионита значительно увеличиваются общие потери сухих веществ творожной сыворотки (рис. 13.13). С целью оптимизации параметров анионообменной обработки творожной

сыворотки был реализован униформ-ротатбельный план полного трехфакторного эксперимента (табл. 13.12) [76, 78].

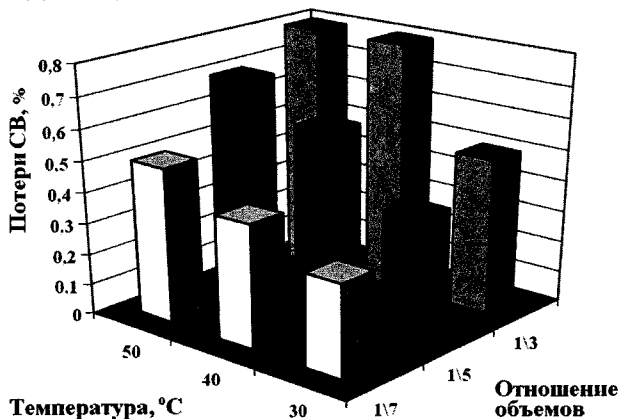


Рис. 13.13. Влияние параметров анионообменной обработки на потери сухих веществ творожной сыворотки

Таблица 13.12. Результаты трехфакторного эксперимента по оптимизации процесса анионообменной обработки творожной сыворотки

№ точки	Экспериментальные значения Y_i				Расчетное значение Y_i	Погрешность, Δ
	$Y_{i(I)}$	$Y_{i(II)}$	$Y_{i(III)}$	$Y_{i(ср)}$		
1	10,55	10,49	10,46	10,50	10,55	-0,05
2	10,93	10,88	10,80	10,87	10,91	-0,04
3	10,58	10,53	10,47	10,53	10,55	-0,02
4	10,96	10,90	10,83	10,90	10,91	-0,01
5	10,74	10,69	10,65	10,69	10,81	-0,12
6	11,15	11,11	11,05	11,10	11,17	-0,07
7	10,78	10,71	10,66	10,72	10,81	-0,09
8	11,20	11,15	11,09	11,15	11,17	-0,02
9	10,90	10,84	10,81	10,85	10,80	0,05
10	10,96	10,90	10,85	10,90	10,80	0,10
11	10,86	10,81	10,73	10,80	10,64	0,16
12	11,37	11,33	11,26	11,32	11,23	0,07
13	10,71	10,64	10,59	10,65	10,62	0,03
14	11,23	11,19	11,12	11,18	11,06	0,12
15	11,02	10,96	10,92	10,97	10,95	0,02
16	10,95	10,89	10,86	10,90	10,95	-0,05
17	10,90	10,86	10,81	10,86	10,95	-0,09
18	11,04	10,99	10,93	10,99	10,95	0,04
19	10,97	10,93	10,87	10,92	10,95	-0,03
20	11,00	10,93	10,89	10,94	10,95	-0,01

По результатам обработки экспериментальных данных получена математическая модель в виде уравнения регрессии, адекватно описывающего исследуемый процесс:

$$Y_1 = 10,947 + 0,18 \cdot X_2 + 0,129 \cdot X_3 - 0,051 \cdot X_1^2 - 0,038 \cdot X_3^2, \quad (13.2)$$

где X_1 — температура анионообменной обработки, °C;

X_2 — отношение объемов твердой и жидкой фаз;

X_3 — продолжительность анионообменной обработки, мин.

Сечения поверхности отклика выходного параметра Y_1 (pH творожной сыворотки после анионообменной обработки) при фиксированном значении одного из входных факторов ($X_1 = 0$, $X_2 = 0$, $X_3 = 0$) представлены на рис. 13.14.

Анализ уравнения регрессии (13.2) и графических моделей процесса анионообменной обработки творожной сыворотки позволил установить оптимальные параметры процесса, соблюдение которых обеспечивает достижение значений pH сыворотки после анионообменной обработки на уровне 11,1–11,3 [76, 78]:

— температура процесса (40 ± 5) °C;

— отношение объемов «ионит – сыворотка» ($1 : 3,3 + 1 : 4$);

— продолжительность анионообменной обработки (74 ± 7) мин.

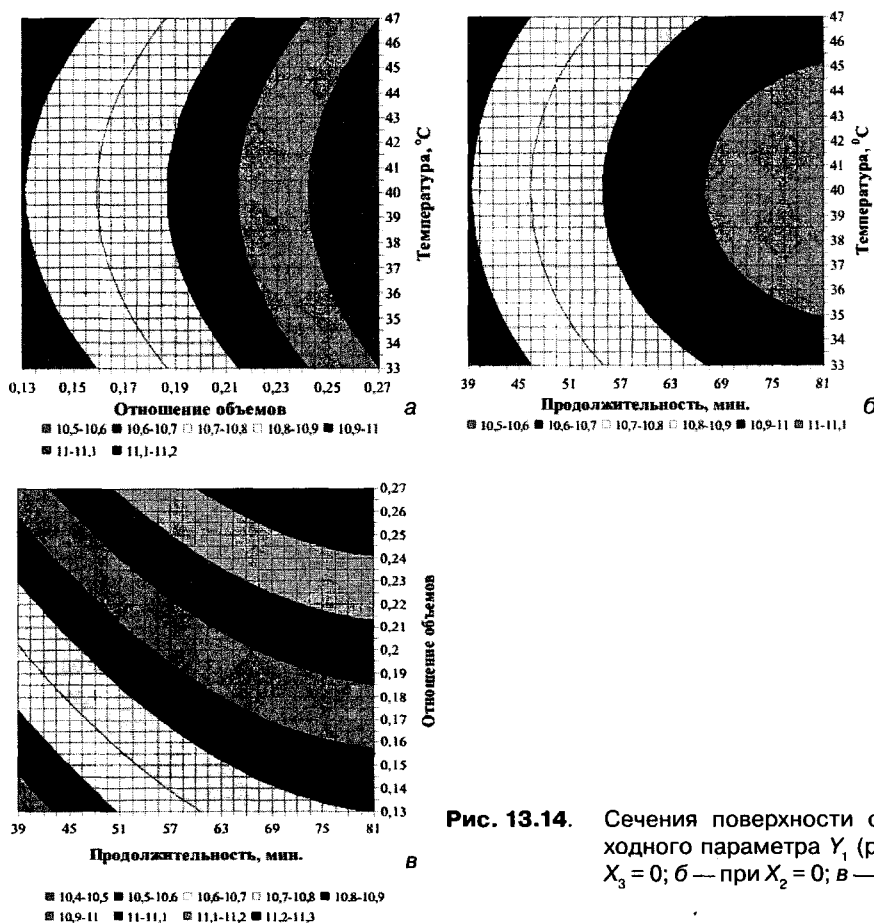


Рис. 13.14. Сечения поверхности отклика выходного параметра Y_1 (pH): а — при $X_3 = 0$; б — при $X_2 = 0$; в — при $X_1 = 0$

Полученные данные [76] подтвердили возможность использования анионитов АВ-17-8 ЧС и ЭДЭ-10 П в безреагентной технологии концентратов лактулозы как на основе молочного сахара, так и молочного белково-углеводного сырья — творожной сыворотки. Дополнительными преимуществами использования анионообменных смол при разработке безреагентного способа изомеризации лактозы в лактулозу, выявленными в рамках экспериментальных исследований, являются смещение мутаротационного равновесия аномеров лактозы в сторону более реакционно способной β -формы и частичная деминерализация сырья при обработке на ионитах [76].

Для разработки математической модели процесса изомеризации лактозы в лактулозу в творожной сыворотке, подвергнутой анионообменной обработке, и установления его оптимальных параметров был реализован полный двухфакторный эксперимент по униформ-ротатбельному плану. В качестве выходных параметров были выбраны степень изомеризации лактозы в лактулозу (Y_2) и значение pH сыворотки по завершении процесса (Y_3). Выходной параметр Y_3 позволяет оценить степень накопления продуктов распада лактулозы — изосахариновых кислот, дающих кислую реакцию среды. Полученные результаты приведены в табл. 13.13 [76, 79].

Уравнения регрессии, отражающие функциональные зависимости выходных параметров Y_2 и Y_3 от входных факторов приведены ниже:

$$Y_2 = 26,600 + 0,511 \cdot X_4 - 1,249 \cdot X_5 - 0,538 \cdot X_4^2 - 2,213 \cdot X_5^2 - 1,125 \cdot X_4 \cdot X_5, \quad (13.3)$$

$$Y_3 = 9,63 - 0,328 \cdot X_4 - 0,252 \cdot X_5 + 0,312 \cdot X_4^2 + 0,152 \cdot X_5^2 - 0,155 \cdot X_4 \cdot X_5, \quad (13.4)$$

где X_4 — температура изомеризации, °C;

X_5 — продолжительность термостатирования, мин.

Таблица 13.13. Результаты двухфакторного эксперимента по оптимизации процесса изомеризации лактозы в творожной сыворотке

№ точки	Экспериментальные значения		Расчетные значения		Погрешность	
	$Y_{2(CP)}$	$Y_{3(CP)}$	Y_2	Y_3	Δ_2	Δ_3
1	21,90	10,74	23,46	10,52	-1,56	0,22
2	25,80	10,31	23,22	10,33	2,58	-0,02
3	25,70	10,80	26,74	10,18	-1,04	0,62
4	25,10	9,75	21,99	9,36	3,11	0,39
5	24,40	10,70	24,80	10,72	-0,40	-0,02
6	25,10	9,20	26,25	9,79	-1,15	-0,59
7	26,10	9,82	23,94	10,29	2,16	-0,47
8	16,70	9,44	20,41	9,58	-3,71	-0,14
9	26,60	9,63	26,60	9,63	0	0
10	26,90	9,69	26,60	9,63	0,30	0,06
11	27,10	9,58	26,60	9,63	0,50	-0,05
12	25,90	9,65	26,60	9,63	-0,70	0,02
13	26,50	9,60	26,60	9,63	-0,10	-0,03

Анализ полученной информации позволил определить оптимальные параметры процесса изомеризации лактозы, обеспечивающие высокий выход лактулозы (27–28 % от исходной

концентрации лактозы в сыворотке) при незначительном накоплении продуктов побочных реакций:

- температура $(71 \pm 1)^\circ\text{C}$;
- продолжительность термостатирования (34 ± 3) мин.

Полученные результаты использованы при разработке технологии концентрата лактулозы на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья (глава 18).

Продолжая работу С. В. Лодыгиной, А. С. Бессонов провел системные исследования [77] по анионообменной обработке депротеинизированной подсырной сыворотки с использованием в качестве контроля растворов лактозы. Изучение закономерностей ее ионообменной обработки на смоле АВ-17 ЧС в динамике с использованием реакторов идеального «смешения» (рис. 13.15) и «вытеснения» (рис. 13.16), позволили определить оптимальные параметры процесса при уровне изомеризации 32,21%: температура $79\text{--}82^\circ\text{C}$, время выдержки 37–42 минуты и начальном значении рН — 11,2–11,4.



Рис. 13.15. Динамика ионного обмена при различных скоростях в реакторе «идеального вытеснения»

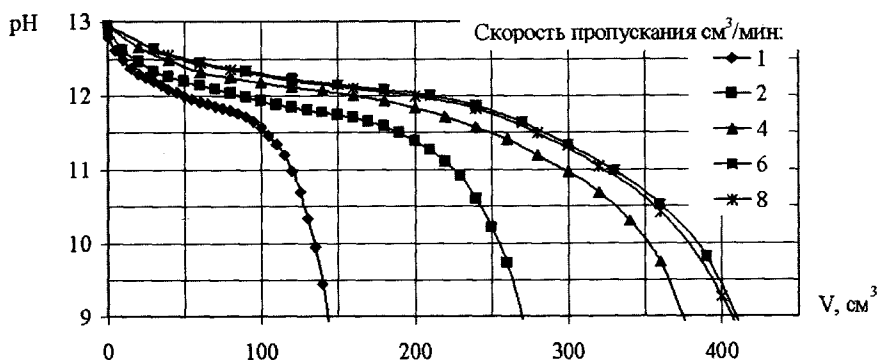


Рис. 13.16. Динамика ионного обмена при различных скоростях в реакторе «идеального смешения»

Полученные результаты позволили разработать технологический регламент модифицированной питательной среды с лактулозой для культивирования бифидобактерий, а также технологии бифидогенных и синбиотических концентратов (глава 18).

13.3.3. Специфика изомеризации лактозы в лактулозу в концентратах молочной сыворотки

Н. В. Козлова [80] под руководством проф. И. А. Евдокимова провела комплекс исследований по изомеризации лактозы в лактулозу с использованием высокоэффективного катализатора — боратов и сульфатов в концентрированных растворах молочного сахара. Продолжая исследования, начатые А. В. Серовым [8], в работе был изучен процесс изомеризации лактозы в присутствии борат и сульфит-ионов.

Бор способен образовывать комплексные соединения с углеводами. Образование комплекса способствует блокированию активных групп лактулозы и сдерживает ее распад до низкомолекулярных соединений. В результате равновесие постепенно сдвигается в сторону образования больших количеств лактулозы, чем при использовании гидроксидов или сульфитов. Можно предположить, что взаимодействие тетрабората и лактозы приводит к нестабильности конформации ее молекулы и способствует внутримолекулярной перегруппировке.

Проведенные исследования [8, 80] показали, что добавка буры в растворы дисахаридов (лактозы и лактулозы) существенно влияет на их оптические свойства, что может быть объяснено образованием устойчивых боратных комплексов в этой системе. Сложный характер зависимости значений удельного угла вращения плоскости поляризованного света $[\alpha]^\circ$ от концентрации компонентов позволяет предположить, что структура и состав таких комплексов зависит не только от концентрации борат-ионов и дисахарида в растворе, но и от отношения между компонентами.

Установлено, что использование растворов сульфита натрия в процессе изомеризации резко уменьшает образование окрашенных продуктов реакции. С целью оптимизации процесса окисления сульфит-ионов было изучено влияние технологических факторов (X_1 — концентрация вносимого окислителя, %, X_2 — активная кислотность и X_3 — температура, °C) на выходные параметры (Y_1 — активная кислотность, Y_2 — концентрация сульфат-ионов, %, Y_3 — окислительно-восстановительный потенциал, мВ). Диапазоны значений технологических параметров, были определены на основании предварительных экспериментов. Была проведена математическая обработка результатов эксперимента (табл. 13. 14, 13. 15) [80, 81].

Таблица 13.14. Результаты трехфакторного эксперимента для выходного параметра Y_1

№ точки	Матрица плана			Экспериментальное значение Y_1	Расчетное значение Y_1	Погрешность, ΔY_1
	X_1	X_2	X_3			
1	-1	-1	-1	4,000	3,950	0,050
2	-1	1	-1	7,200	7,200	0
3	1	-1	-1	4,300	4,300	0
4	1	1	-1	6,800	6,850	-0,050
5	-1	-1	1	4,400	4,300	0,100
6	-1	1	1	7,100	7,200	-0,100
7	1	-1	1	3,800	3,950	-0,150
8	1	1	1	7,100	7,200	-0,100
9	0	0	0	5,700	5,575	0,125

Таблица 13.15. Результаты трехфакторного эксперимента для выходных параметров Y_2 и Y_3

№ точки	Матрица плана			Экспериментальное значение		Расчетное значение		Погрешность	
	X_1	X_2	X_3	Y_2	Y_3	Y_2	Y_3	ΔY_2	ΔY_3
1	-1	-1	-1	0,019	399	0,023	394,683	-0,004	4,317
2	-1	1	-1	0,016	306	0,021	278,922	-0,005	27,078
3	1	-1	-1	0,031	422	0,036	373,433	-0,005	-48,567
4	1	1	-1	0,034	355	0,034	300,172	0	54,828
5	-1	-1	1	0,019	419	0,023	411,710	-0,004	7,290
6	-1	1	1	0,021	315	0,022	295,950	-0,001	19,050
7	1	-1	1	0,042	421	0,043	390,460	-0,001	30,540
8	1	1	1	0,041	376	0,041	317,200	0	58,800
9	-1,68	0	0	0,022	401	0,016	399,777	0,006	1,223
10	1,68	0	0	0,044	310	0,043	399,777	0,001	-89,777
11	0	-1,68	0	0,034	390	0,029	413,751	0,005	-23,751
12	0	1,68	0	0,028	190	0,026	254,804	0,002	-64,804
13	0	0	-1,68	0,039	220	0,033	269,959	0,006	-49,959
14	0	0	1,68	0,044	260	0,043	298,596	0,001	-38,596
15	0	0	0	0,041	245	0,041	242,634	0	2,366
16	0	0	0	0,040	250	0,041	242,634	-0,001	7,366
17	0	0	0	0,041	240	0,041	242,634	0	-2,634
18	0	0	0	0,042	243	0,041	242,634	0,001	0,366
19	0	0	0	0,041	247	0,041	242,634	0	4,366
20	0	0	0	0,042	246	0,041	242,634	0,001	3,366

На основе обработки результатов экспериментов были получены математические модели, адекватно описывающее исследуемый процесс окисления сульфит-ионов и отражающее как влияние отдельных входных параметров, так и межфакторные взаимодействия [80]:

$$Y_1 = 5,575 + 1,45 \cdot X_2 + 0,175 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3; \quad (13.5)$$

$$Y_2 = 0,041 + 0,008 \cdot X_1 - 0,001 \cdot X_2 + 0,002 \cdot X_3 - 0,004 \cdot X_1^2 - 0,005 \cdot X_2^2 - 0,002 \cdot X_3^2 + 0,002 X_1 X_3 \quad (13.6)$$

$$Y_3 = 242,634 - 7,255 \cdot X_2 + 8,514 \cdot X_3 + 55,558 \cdot X_1^2 + 32,401 \cdot X_2^2 + 14,723 \cdot X_3^2 + 10,625 X_1 X_2 \quad (13.7)$$

Сопоставление полученных зависимостей позволило определить оптимальные параметры окисления сульфит-ионов в модельных растворах: активная кислотность раствора ($7,0 \pm 0,5$); температура (42 ± 2) °C; доза вносимого окислителя (10 ± 2)%. В результате исследований предложен механизм изомеризации α -лактозы в лактулозу в присутствии высокоэффективного катализатора тетрагидроксоболат-иона и стабилизирующей добавки в виде сульфита натрия.

В работе Н. В. Козловой [80] была изучена кинетика удаления бора из углеводсодержащих растворов методом ионного обмена и электродиализа. Объектом исследования был сироп лактулозы с массовой долей сухих веществ 20,0% и уровнем деминерализации 80%, содержащий 2,32 мг/см³ бора. После электродиализа проводилось подкисление сиропа лактулозы до pH 1,6 путем пропускания его через колонку с ионообменной смолой КУ-2-8 ЧС в H⁺-форме. Результаты представлены на рис. 13.17.

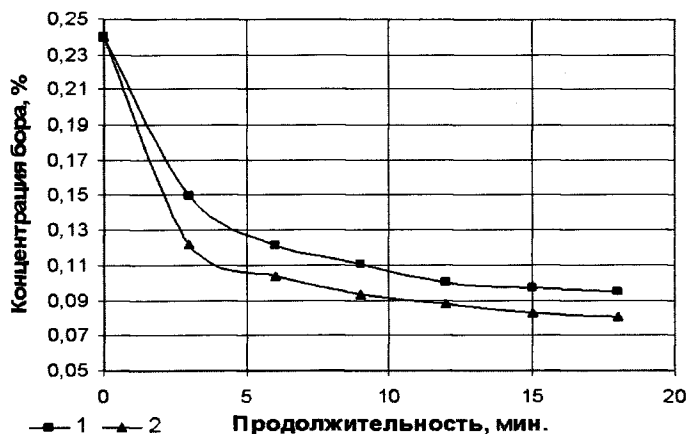


Рис. 13.17. Кинетика сорбции бора смолой IRA-743 из сиропа лактулозы при температуре: 1 — 20 °C, 2 — 40 °C

Проведение процесса ионообменной обработки с соблюдением установленных параметров дает возможность получать очищенный сироп лактулозы, в котором содержание бора соответствует требованиям фармакопеи США и Великобритании. Результаты работы реализованы в высокоэффективной технологии лактулозы (глава 18).

13.3.4. Изучение процесса изомеризации лактозы в лактулозу в присутствии небелкового азота

С. А. Рябцевой совместно с Н. М. Пановой [82] обосновано, изучено и адаптировано в инновационную технологию [83] явление повышения эффективности изомеризации лактозу в лактулозу путем внесения карбамида (в качестве обогатителя и катализатора) в лактозосодержащее сырье. М. В. Ереминой совместно с Д. Н. и А. Д. Лодыгиными доказана возможность применения с этой же целью гидролизатов белков молока [84].

С целью оптимизации процесса изомеризации лактозы в лактулозу в молочной сыворотке, обогащенной гидролизатом обезжиренного молока был реализован план полного трехфакторного эксперимента. Диапазоны варьирования исследуемых факторов X_1 (температура изомеризации, °C), X_2 (продолжительность термостатирования, мин.) и X_3 (доза внесения гидролизата обезжиренного молока, %) представлены в табл. 13.16. В качестве выходного параметра Y была выбрана степень изомеризации лактозы в лактулозу.

Таблица 13.16. Параметры трехфакторного эксперимента

Уровни варьирования	Факторы		
	X_1	X_2	X_3
Основной «0»	80	30	6
Шаг «λ»	5	5	1
Нижний «-1»	75	25	5
Верхний «+1»	85	35	7
Звездные точки:			
«+R»	89	38,5	7,7
«-R»	71	21,5	4,3

Результаты эксперимента представлены в табл. 13.17 [84, 85].

Таблица 13.17. Обработанные результаты трехфакторного эксперимента

№ п/п	Экспериментальное значение $Y_{\text{эксп.}}$	Расчетное значение $Y_{\text{расч.}}$	Y
1	33,200	32,379	0,821
2	35,300	35,033	0,267
3	30,200	30,354	- 0,154
4	30,500	33,008	- 2,508
5	30,800	27,654	3,146
6	32,200	30,308	1,892
7	36,700	35,079	1,621
8	37,400	37,733	- 0,333
9	28,400	31,469	- 3,069
10	37,400	36,010	1,390
11	27,500	30,158	- 2,658
12	35,600	34,621	0,979
13	33,500	32,640	0,860
14	30,100	32,640	- 2,540
15	37,100	36,702	0,398
16	36,600	36,702	- 0,102
17	37,400	36,702	0,698
18	35,800	36,702	- 0,902
19	36,200	36,702	- 0,502
20	37,400	36,702	0,698

Математическая обработка полученных экспериментальных данных позволила получить следующее уравнение регрессии:

$$Y = 36,702 + 1,350 \cdot X_1 + 1,327 \cdot X_2 - 1,047 \cdot X_1^2 - 1,525 \cdot X_2^2 - 1,436 \cdot X_3^2 + 2,363 \cdot X_1 \cdot X_3 \quad (13.8)$$

Оптимальные параметры процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворо-
ротке, обогащенной гидролизатом обезжиренного молока:

- температура процесса (82 ± 4) °C;
- продолжительность термостатирования (34 ± 2) мин;
- доза внесения гидролизата ($5,5 \pm 1$) %;

Полученные результаты использованы при формировании технологии бифидогенных концентратов функционального назначения с промежуточной влажностью (глава 18).

13.4. Биотрансформация лактозы и ее производных микроорганизмами

Вопросы биотрансформации лактозы бактериями, дрожжами и плесенями — микробный синтез (технологически — сбраживание) достаточно подробно исследован многими поколениями ученых и практиков, а так же рассмотрены в монографии [3]. Синтез антибиотиков на питательной среде с лактозой, феномен лак-оперона, микробный синтез в кисломолочных

продуктах являются ярким доказательством места и роли лактозы в биоценозе живых систем нашей планеты.

Ряд работ в этой области, в том числе наших выдающихся соотечественников — И. И. Мечникова и И. П. Павлова, удостоены высшего признания земной цивилизации — Нобелевской Премии. Именно об этом в своих публикациях пишут П. Елен и др. [86] по технологии сквашивания, В. П. Чагаровский и О. А. Полтавская [87] о влиянии пребиотиков на баккультуры, А. Ю. Винаров и Т. Е. Сидоренко о консорциуме баккультур для молочной сыворотки [88], А. В. и В. А. Оноприйко [89], И. А. Смирнова и др. [90] по биопроцессам в сырах и их математической интерпретации. А системные исследования В. И. Панфилова [91] по биотехнологической конверсии углеводсодержащего сырья для продуктов пищевого и кормового назначения открывают, применительно к молочной сыворотке, неограниченные перспективы в сочетании с растительным сырьем.

Применительно к тематике настоящей монографии в данной главе остановимся на проблематике, которая все больше привлекает исследователей в последнее время — работа с бифидобактериями и метаболизм смеси углеводов: лактозы и ее производных, в частности лактулозы. Естественно начнем с технологических аспектов биосинтеза в технологии производных лактозы на примере нашей любимицы — лактулозы.

13.4.1. Культивирование лактозоусваивающих дрожжей в технологии лактулозы

Использование биотрансформации лактозы в технологии лактулозы давно привлекало внимание исследователей и даже запатентовано [92]. В системном виде способы утилизации лактозы в биотехнологии лактулозы рассмотрены П. Б. Новаковым под руководством проф. И. А. Евдокимова [93].

Для микробиологической утилизации лактозы в концентрированных растворах авторами было предложено использование дрожжей. Такой выбор обусловлен высокой скоростью утилизации лактозы, метаболической активностью при повышенном содержании сухих веществ в среде в широком диапазоне условий культивирования; способностью полностью окислять углеводы в аэробных условиях, не выделяя больших количеств метаболитов органического происхождения.

Для экспериментальных исследований были выбраны 4 штамма дрожжей: *Candida kefir* Y-203, *Trichosporon pullulans* Y-1536, *Leucosporidium scotti* Y-1537, *Saccharomyces lactis* SK. Объектами исследований, помимо штаммов дрожжей, являлись модельные растворы, состав которых приведен в табл. 13.18 [93].

Таблица 13.18. Состав модельных растворов

Наименование вещества	Количество, г/л, для модельных растворов		
	Молочного сахара-сырца	Фармакопейного молочного сахара	Лакто-лактүлозы
Молочный сахар	234,3	229,0	40,0 (фармакопейный)
Сироп лактулозы <i>MLS-50</i>	—	—	263,9
Дрожжевой экстракт		6,0	
K_2HPO_4		3,0	
KH_2PO_4		3,0	
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$		0,27	

В соответствии с исследованиями в работе получены следующие результаты.

Влияние способа приготовления посевного материала на интенсивность окисления лактозы. Исследовали два способа приготовления посевного материала. По первому способу посевной материал дрожжей *S. lactis* SK получали при температуре 30 °С в две стадии: на поверхности агаризованного модельного раствора молочного сахара-сырца и затем глубинным способом в растворе молочного сахара-сырца. На обеих стадиях выращивание проводили в течение (36 ± 4) ч. Второй способ исключал выращивание посевного материала глубинным методом. Культивирование проводили в биореакторе, содержащем 500 ± 10 см³ среды при постоянной аэрации с интенсивностью (50 ± 10) л/ч и температуре 30 °С, без коррекции pH.

Графическая интерпретация результатов эксперимента приведена на рис. 13.18 и 13.19 [93, 94].

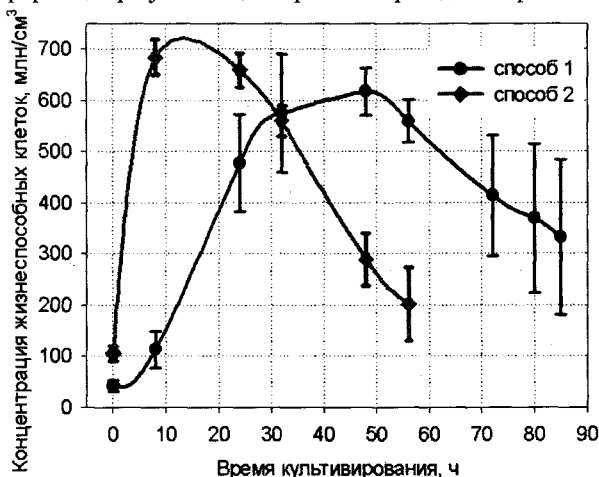


Рис. 13.18. Кривые роста дрожжей *S. lactis* SK в модельных растворах молочного сахара-сырца при различных способах получения инокулята

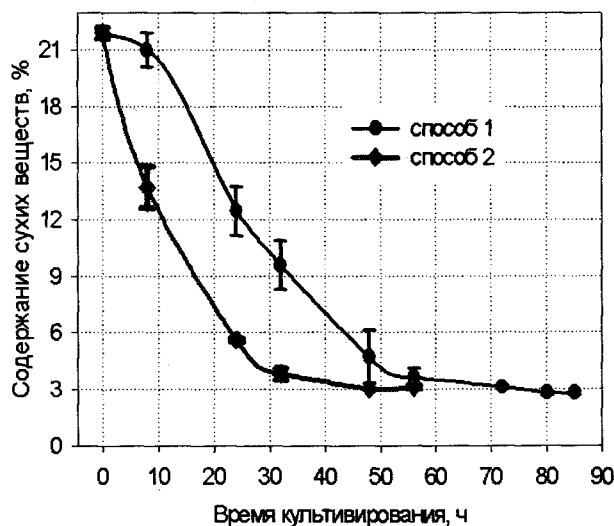


Рис. 13.19. Кинетика изменения содержания сухих веществ модельного раствора при различных способах получения инокулята

При первом способе приготовления посевного материала активность последнего значительно ниже. Об этом свидетельствует более продолжительная лаг-фаза (рис. 13.18) и соответственно незначительная метаболическая активность дрожжей в первые 9–11 часов культивирования (рис. 13.19). Применение второго способа приготовления посевного материала способствует более быстрому окислению лактозы. В дальнейших исследованиях использовали второй способ приготовления посевного материала.

Влияние различных видов дрожжевого экстракта на интенсивность окисления лактозы. Для оценки влияния различных видов дрожжевого экстракта на интенсивность окисления лактозы были использованы модельные растворы на основе фармакопейного молочного сахара. В модельный раствор 1 добавляли экстракт хлебопекарных дрожжей, в модельный раствор 2 — экстракт кормовых дрожжей (ЭКД). Условия культивирования были аналогичными в описанном выше.

Анализ экспериментальных данных (рис. 13.20, 13.21) показал, что продолжительность логарифмической фазы роста при культивировании дрожжей в модельном растворе 1 на 3–4 часа больше, что обеспечивает увеличение концентрации жизнеспособных клеток приблизительно на 150–300 млн./см³ по сравнению с модельным раствором 2.

Применение экстракта хлебопекарных дрожжей обеспечивает более эффективное накопление биомассы, окисление и утилизацию лактозы по сравнению с ЭКД [93, 94].

Изучение окисления лактозы в модельных растворах молочного сахара различного качества. Влияние качества молочного сахара на интенсивность окисления лактозы оценивалось по показателям роста и потребления сухих веществ дрожжами в модельных растворах молочного сахара-сырца и фармакопейного (рис. 13.22, 13.23) [93, 94].

Более высокая метаболическая активность дрожжей наблюдается в модельном растворе молочного сахара-сырца, что, в свою очередь, является причиной более раннего действия лимитирующих рост факторов (истощение субстрата и накопление продуктов метаболизма).

О более интенсивном потреблении субстрата в модельном растворе молочного сахара-сырца свидетельствует кинетика изменения содержания сухих веществ модельных растворов. Повышенная метаболическая активность дрожжей в модельном растворе молочного сахара-

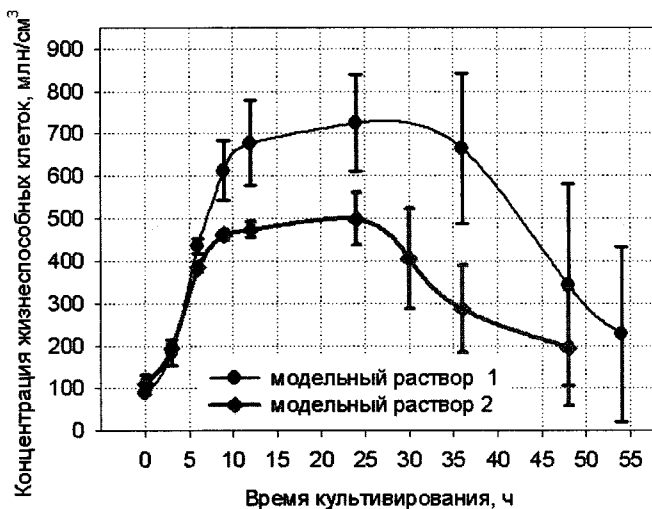


Рис. 13.20. Кривые роста дрожжей *S. lactis* SK в модельных растворах фармакопейного молочного сахара при добавлении различных видов дрожжевого экстракта

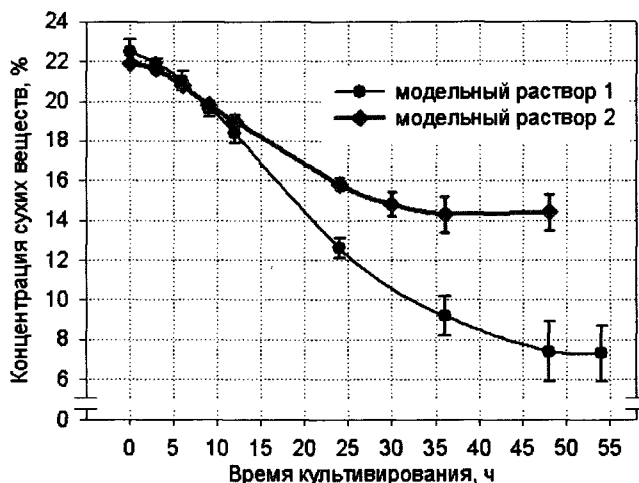


Рис. 13.21. Кинетика изменения содержания сухих веществ модельного раствора при добавлении различных видов дрожжевого экстракта

сырца обусловлена наличием компонентов (витаминов; минеральных веществ; азотсодержащих соединений), стимулирующих процесс аэробной утилизации лактозы.

Исследование окисления лактозы различными штаммами дрожжей. Авторами были исследованы штаммы *S. lactis* SK, *T. pullulans* Y-1536, *L. scottii* Y-1537, *C. kefir* Y-203. Среди перечисленных штаммов наиболее активный рост и метаболическую активность в условиях глубинного культивирования проявили штаммы *S. lactis* SK и *C. kefir* Y-203 [93, 94]. Для сравнения интенсивности утилизации лактозы данными штаммами использовали модельный раствор фармакопейного молочного сахара. Условия культивирования были такими же, как в описанных выше экспериментах. Результаты экспериментов (рис. 13.24, 13.25) свидетельствуют о том, что оба штамма интенсивно накапливают биомассу и утилизируют субстрат. Однако более высокие показатели содержания жизнеспособных клеток и метаболической активности наблюдаются для дрожжей *S. lactis*.

Скорость окисления лактозы культурой *C. kefir* Y-203 снижается по прошествии первых (13 ± 1) ч, что совпадает по времени с началом стационарной фазы роста. Это свидетельствует о более интенсивной утилизации субстрата штаммом *C. kefir* Y-203 в период активного накопления биомассы. При культивировании штамма *S. lactis* SK наблюдается плавное снижение содержания сухих веществ на протяжении всего времени культивирования. Это объясняется стабильным окислением лактозы в экспоненциальной и стационарной фазах роста. Таким образом, несмотря на выявленные различия в кинетике утилизации субстрата, очевидно целесообразность использования обоих штаммов для изучения утилизации углеводов в концентрированных растворах лакто-лактолозы.

Изучение культивирования лактозуосваивающих дрожжей в модельном растворе лакто-лактолозы. Для исследований использовали штаммы *S. lactis* SK и *C. kefir* Y-203. Условия культивирования были такими же, как в исследованиях на модельных растворах молочного сахара. В результате анализа полученных результатов установили (рис. 13.26), что при культивировании дрожжей *C. kefir* Y-203 наблюдаются более высокие показатели концентрации жизнеспособных клеток [93].

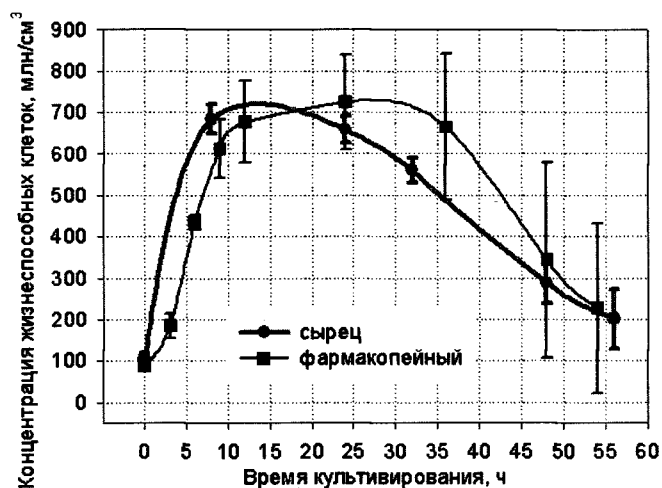


Рис. 13.22. Кривые роста дрожжей *S. lactis* SK в модельных растворах молочного сахара различного уровня качества

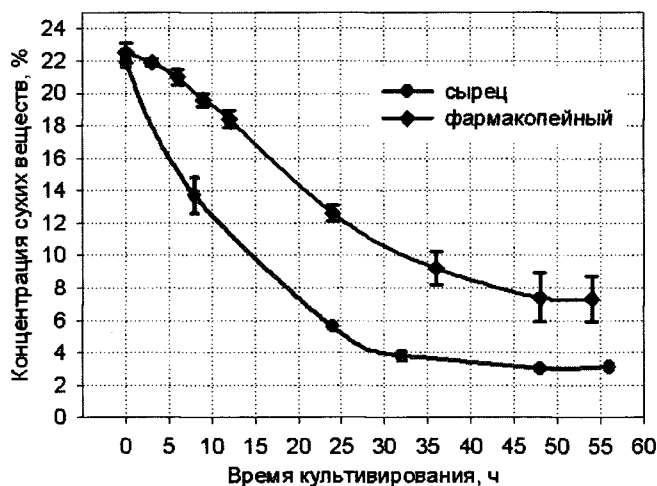


Рис. 13.23. Кинетика изменения содержания сухих веществ в модельных растворах молочного сахара различного уровня качества

При сравнении кривых роста дрожжей отмечено, что в модельном растворе лакто-лактоулозы длительность фаз роста приблизительно в два раза больше, вследствие этого время культивирования увеличивается пропорционально по сравнению с модельным раствором фармакопейного молочного сахара. Более продолжительное время культивирования в модельном растворе лакто-лактоулозы объясняется меньшей метаболической активностью дрожжей. В свою очередь, пониженная метаболическая активность дрожжей является следствием взаимодействия механизмов индукции и репрессии синтеза ферментов при утилизации нескольких углеводов [93].

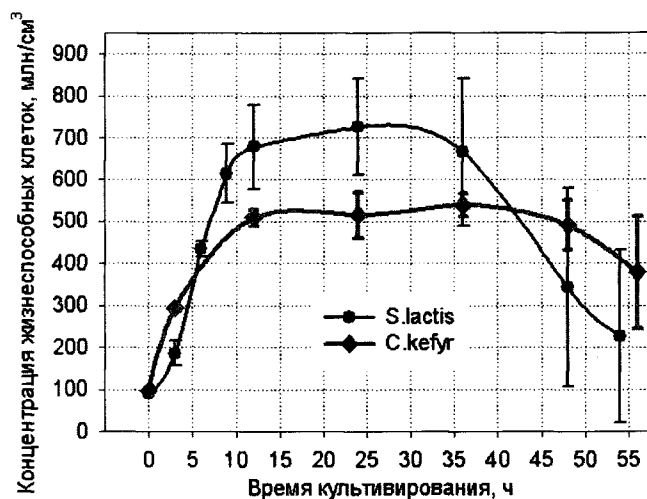


Рис. 13.24. Кривые роста дрожжей *S. lactis* SK и *C. kefir* Y-203 в модельных растворах фармакопейного молочного сахара

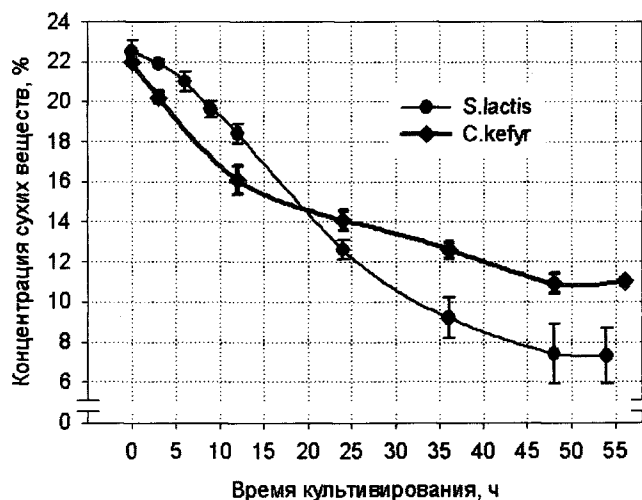


Рис. 13.25. Изменение содержания сухих веществ модельного раствора при культивировании *S. lactis* SK и *C. kefir* Y-203

Исследование углеводного состава растворов лакто-лактозы при культивировании различных штаммов дрожжей. Для изучения углеводного состава растворов лакто-лактозы в образцах, отобранных через определенные промежутки времени в процессе культивирования, определяли содержание отдельных углеводов методом газо-жидкостной хроматографии. В результате анализа полученных результатов установлено, что штаммы *S. lactis* SK и *C. kefir* Y-203 в процессе метаболизма утилизируют одновременно как лактозу, так и лактулозу (рис. 13.27, 13.28) [93].

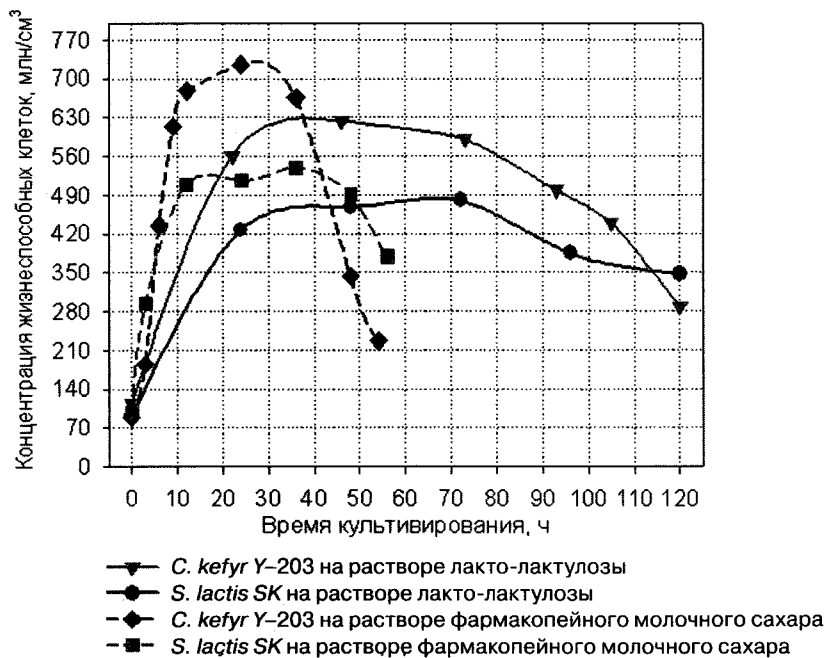


Рис. 13.26. Кривые роста культур *S. lactis* SK и *C. kefir* Y-203 в различных модельных растворах

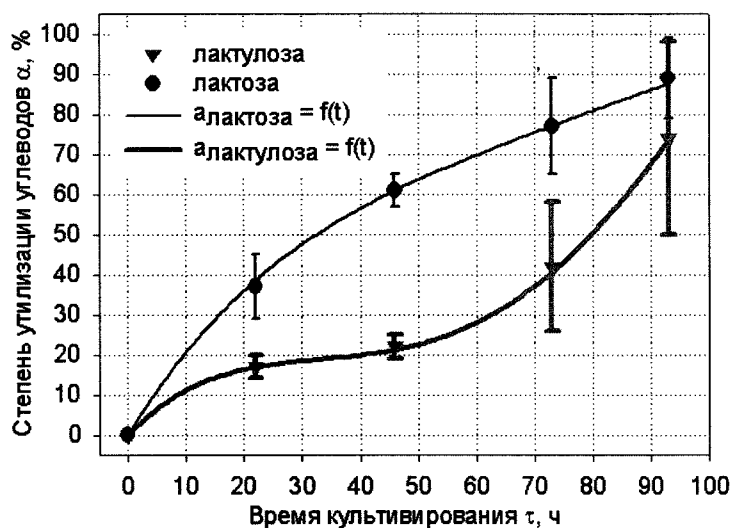


Рис. 13.27. Кинетика изменения степени утилизации углеводов при культивировании штамма *C. kefir* Y-203

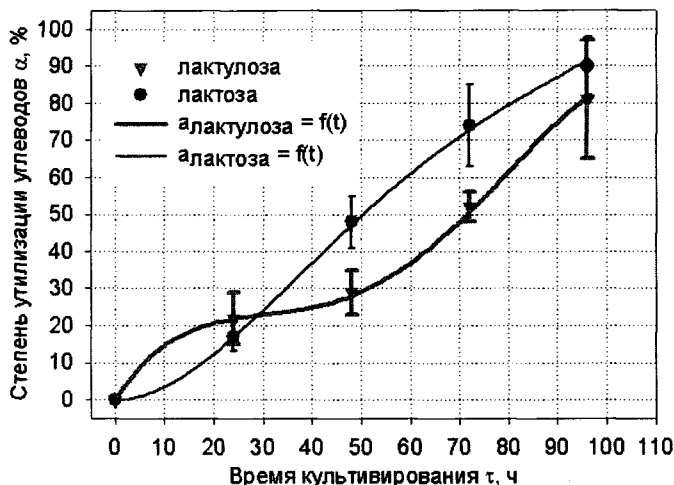


Рис. 13.28. Кинетика изменения степени утилизации углеводов при культивировании штамма *S. lactis SK*

Исходя из приведенных зависимостей оптимальное время культивирования, при котором наблюдается максимальная утилизация лактозы и минимальная утилизация лактулозы, определяется характером изменения во времени степени утилизации лактулозы $\alpha_{\text{лактүлоза}}$, параметра Δ_1 (разность между степенями утилизации лактозы и лактулозы), а также функцией $\Delta_2 = \Delta_1 - \alpha_{\text{лактүлоза}}$. Используя уравнения $\alpha_{\text{лактүлоза}} = f(\tau)$ и $\alpha_{\text{лактоза}} = f(\tau)$, при помощи ЭВМ был определен максимум функции $\Delta_2 = f(\tau)$, который соответствует значениям: $\Delta_2 = -9\%$, $\tau = 50$ ч для штамма *S. lactis SK* в промежутке времени от 5 до 96 ч и $\Delta_2 = 19\%$, $\tau = 48$ ч в промежутке времени от 0 до 93 ч для *C. kefir Y-203*.

Исходя из значений оптимального времени культивирования, установлено содержание углеводов в модельных растворах при культивировании различных штаммов дрожжей (табл. 13.19).

Таблица 13.19. Содержание углеводов в модельном растворе при оптимальном времени культивирования

Наименование углевода	Содержание углеводов, % от начального	
	<i>S. lactis SK</i>	<i>C. kefir Y-203</i>
	Время культивирования (50 ± 1) ч	Время культивирования (48 ± 1) ч
Галактоза	149 ± 22	150 ± 10
Лактоза	54 ± 9	38 ± 2
Лактулоза	70 ± 6	78 ± 3

Полученные результаты свидетельствуют о большей эффективности применения дрожжей *C. kefir Y-203* для уменьшения содержания лактозы в сиропх лактулозы. Недостатком микробиологической обработки является достаточно значимые потери лактулозы в процессе микробной утилизации — (22 ± 3) % от начального содержания [93].

Основные направления практической реализации результатов исследований, представленные в виде схемы на рис. 13.29.

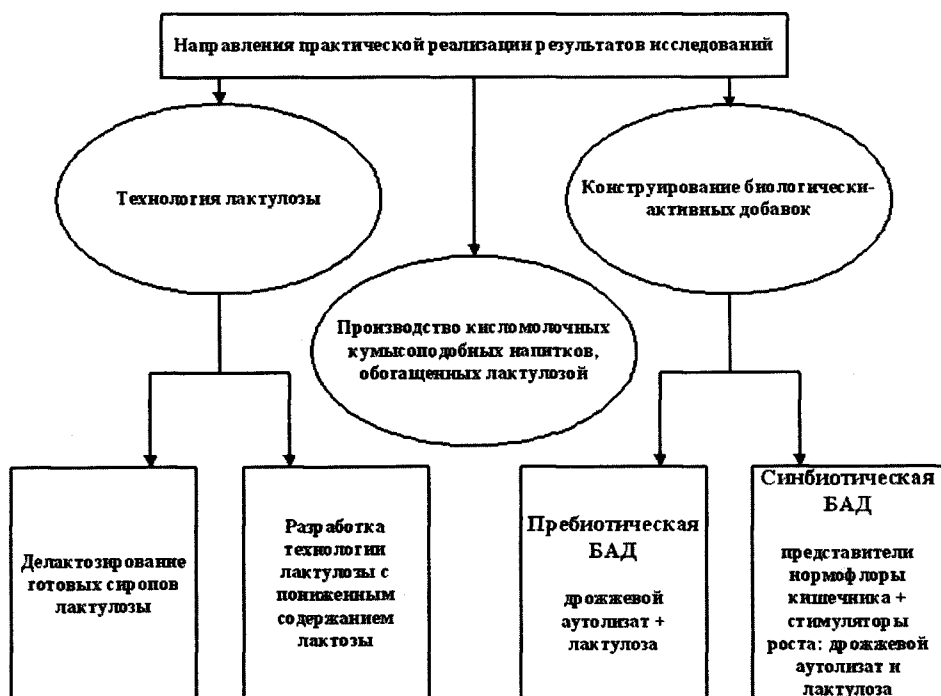


Рис. 13.29. Направления практической реализации результатов исследований

В качестве одного из примеров практической реализации результатов исследований разработана частная технология получения сиропа лактулозы с пониженным содержанием лактозы (ТУ 9229–008–46162908–2004, изменение № 1 от 26.12.06.), в которой использовано культивирование лактозоусваивающих дрожжей для уменьшения содержания лактозы.

В табл. 13.20 приведена сравнительная характеристика сиропа, полученного по разработанной технологии и сиропа «Лактулоза пищевая».

Таблица 13.20. Сравнительная характеристика сиропов лактулозы

Наименование показателя	Характеристика продукта	
	Сироп лактулозы с пониженным содержанием лактозы	Концентрат лактулозы «Пищевая лактулоза»
Плотность, кг/м ³	1258 (±3)	1265 (±4)
Массовая доля, %		
Сухих веществ, в т. ч.	57,1 (±0,7)	58,0 (±2,8)
Лактулозы	38,5 (±0,6)	36,4 (±0,7)
Лактозы	6,0 (±0,4)	12,2 (±0,5)
Галактозы	10,8 (±0,4)	7,1 (±0,3)
Золы	0,58 (±0,09)	0,63 (±0,15)
Других веществ	3,1 (±0,1)	1,5 (±0,1)*

* Другие вещества — неанализируемые углеводы и вещества, образовавшиеся в процессе жизнедеятельности дрожжей.

13.4.2. Влияние заквасочной микрофлоры на содержание лактулозы в различных кисломолочных продуктах

Д. О. Мячина при консультативной помощи проф. С. А. Рябцевой провела системные исследования по данному вопросу [95]. В большинстве исследований [96, 97, 98, 99], связанных с взаимодействием лактулозы с различными микроорганизмами, она рассматривается как фактор, стимулирующий или подавляющий их жизнедеятельность. В работе Д. О. Мячиной изучение этого взаимодействия проведено с иной точки зрения, т. е. выявление наиболее нейтральной по отношению к лактулозе заквасочной микрофлоры, позволяющей доставить лактулозу к непосредственному потребителю — интестинальной микрофлоре — без потерь.

Теоретически лактулоза может использоваться в качестве энергетического источника не только бифидобактериями, но и другими микроорганизмами. Установлено, что лактулоза поддерживает рост широкого спектра молочнокислых бактерий: *Lac. lactis*, *Str. thermophilus*, *Lb. brevis*, *Lb. fermentum*, *Lb. acidophilus* и *Lb. casei* [98]. В работе использовали закваски мезофильных молочнокислых кокков, применяющихся при производстве сметаны, творога, простокваши (*Lactococcus lactis*); термофильных молочнокислых микроорганизмов, применяющихся при производстве ряженки, варенца, йогурта (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*); ацидофильной палочки, применяющейся при производстве ацидофилина, ацидобифидина и других лечебно-профилактических продуктов (*Lactobacillus acidophilus*) и симбиотическую кефирную закваску, включающую кроме молочнокислых микроорганизмов (в основном мезофильных кокков) дрожжи и уксуснокислые бактерии.

Результаты газо-хроматографического анализа содержания лактулозы представлены на рис. 13.30 [95, 100].

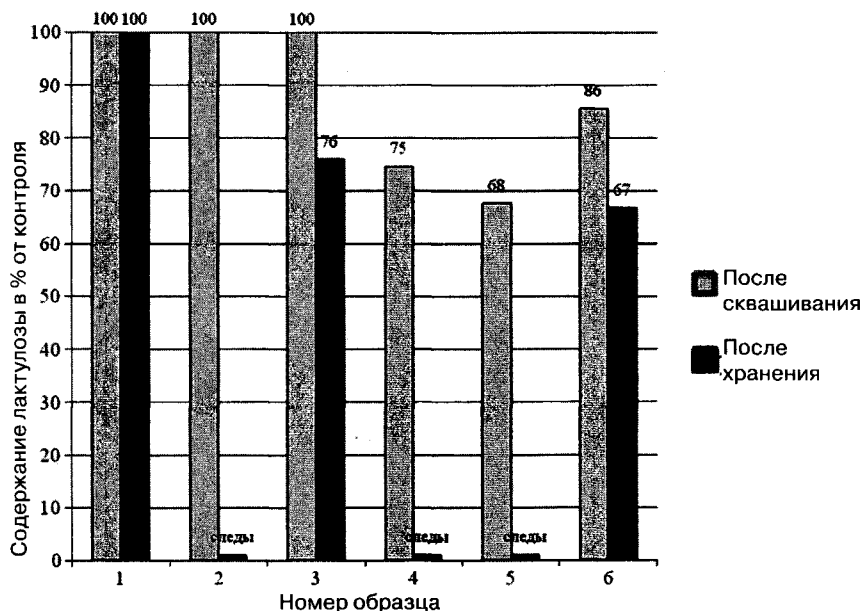


Рис. 13.30. Изменение содержания лактулозы в молоке в процессе сквашивания и хранения кисломолочных продуктов: 1 — контроль (молоко с лактулозой); 2 — ацидофильная палочка; 3 — термофильный стрептококк; 4 — мезофильный лактококк; 5 — болгарская палочка; 6 — кефирная закваска

Данные эксперимента показали, что в образцах с симбиотической кефирной закваской, мезофильным лактококком и болгарской палочкой содержание лактулозы после сквашивания снизилось на 14; 25 и 32 % соответственно. В образцах с ацидофильной палочкой и термофильным молочнокислым стрептококком содержание лактулозы практически не изменилось. После хранения в образцах сквашенных ацидофильной палочкой, мезофильным стрептококком и болгарской палочкой лактулоза не обнаруживалась.

Полученные результаты совпадают с данными по бактериальной деградации лактулозы, свидетельствующими о том, что некоторые штаммы *Lactobacillus acidophilus* метаболизируют лактулозу на 3–6 сутки, а отдельные штаммы на 6–7 сутки [101]. В образцах с термофильным молочнокислым стрептококком и симбиотической кефирной закваской содержание лактулозы по сравнению с исходным снизилось на 24 и 33 % соответственно.

В плане практической адаптации лактулозы было изучено влияние бифидогенного концентрата «Лактобел» на свойства кисломолочных продуктов. «Лактобел» представляет собой продукт высокой питательной и биологической ценности. Это объясняется повышенным содержанием в нем лактозы, лактулозы, являющейся бифидогенным фактором, а также биологически полноценными белками молочного сырья.

Для изучения эффективности использования «Лактобела» в технологии ферментированных продуктов были проведены исследования по изучению его влияния на технологический процесс, а также на их физико-химические, микробиологические и органолептические показатели. Влияние «Лактобела» на органолептические свойства кисломолочных продуктов представлено на рис. 13.31 [95].

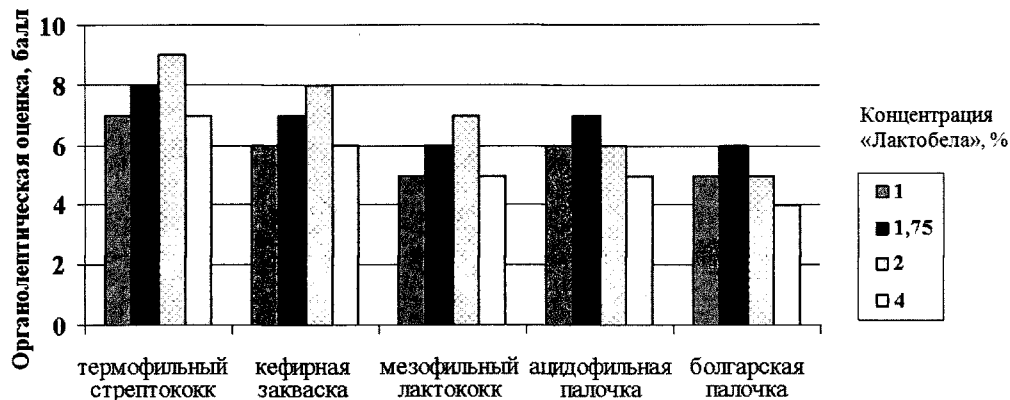


Рис. 13.31. Влияние концентрации «Лактобела» на органолептические свойства кисломолочных напитков

В результате проведенной дегустации максимальную оценку получили образцы кисломолочных продуктов, содержащие 2 % «Лактобела». В образцах с 1 % «Лактобела» отмечалось незначительное проявление сладковатого привкуса, тогда как в образцах с 4 % «Лактобела» появлялся неприятный солоновато-щелочной привкус, излишне слизистая консистенция и посторонний запах. Во всех образцах, кроме 1 %-ных, наблюдался кремовый оттенок.

В связи с тем, что кремовый оттенок характерен не для всех кисломолочных напитков, целесообразнее будет использовать «Лактобел» в качестве бифидогенной добавки при производстве ряженки или ее аналога.

В табл. 13.21 приведены результаты эксперимента по изучению влияния бифидогенного концентрата «Лактобел» на эффективность кислотообразования микрофлоры закваски [95].

Таблица 13.21. Влияние концентрата «Лактобел» на эффективность процесса сквашивания молока различными заквасочными культурами

Виды заквасок	Номера образцов	Конечная титруемая кислотность, °Т	Продолжительность сквашивания, ч	Прирост титруемой кислотности, °Т
Термофильный стрептококк	1	75	4	55
	2	82	4	60
Кефирная закваска	1	60	5	40
	2	72	5	49
Ацидофильная палочка	1	73	5	50
	2	80	5	54
Болгарская палочка	1	80	4	56
	2	96	4	70
Мезофильный лактококк	1	63	5	41
	2	75	5	50

Примечание. Номера образцов: 1 — контроль (без внесения «Лактобела»), 2 — с добавлением «Лактобела»

Обобщая данные эксперимента, можно сделать заключение, что в образцах с «Лактобелом» титруемая кислотность нарастает быстрее, чем в контроле на: 12 % с кефирной закваской; 17 % с мезофильной закваской; 18,5 % с ацидофильной закваской; 19 % с болгарской палочкой; 21 % с термофильным стрептококком. Таким образом, использование бифидогенного концентрата «Лактобел» в качестве добавки при производстве кисломолочных напитков может интенсифицировать процесс сквашивания и тем самым сократить цикл производства.

Результаты экспериментов по изучению влияния «Лактобела» на микробиологические показатели кисломолочных продуктов сведены в табл. 13.22 [95].

Таблица 13.22. Результаты количественного учета микроорганизмов в образцах ферментированных продуктов

Закваска	Количество клеток микроорганизмов в 1 см ³ образцов	
	без «Лактобела»	с «Лактобелом»
Мезофильная закваска	$(3,3 \pm 0,25) \cdot 10^7$	$(5,6 \pm 0,12) \cdot 10^7$
Термофильный стрептококк	$(8,6 \pm 0,18) \cdot 10^7$	$(1,1 \pm 0,23) \cdot 10^8$
Болгарская палочка	$(7,4 \pm 0,12) \cdot 10^7$	$(1,4 \pm 0,16) \cdot 10^8$
Ацидофильная палочка	$(6,8 \pm 0,22) \cdot 10^7$	$(8,6 \pm 0,19) \cdot 10^8$
Кефирная закваска	$(2,6 \pm 0,17) \cdot 10^7$	$(2,8 \pm 0,20) \cdot 10^7$

Полученные данные свидетельствуют о том, что добавление «Лактобела» в количестве 2 % от массы продукта оказывает положительное влияние на развитие микроорганизмов термофильного стрептококка, болгарской и ацидофильной палочки. Влияние «Лактобела» на количество микроорганизмов в готовом продукте при использовании мезофильной и кефирной закваски отмечено не было.

Исследования по использованию бифидогенных препаратов с лактулозой на примере «Лактобел-ЭД» (деминерализованный) были системно продолжены А.С. Гришиной [102, 103] под руководством проф. И.А. Евдокимова. Они проводились в университете Рединга (Англия, проф. Ян Роуланд) в экстремальных условиях на патогенной микрофлоре и дали однозначно позитивные результаты — лактулоза в кисломолочных напитках отечественного ассортимента играет исключительно позитивную роль. Таким образом, еще раз были под-

тверждены испытанием на международном уровне, феноменальные возможности объектов монографии.

Полученные результаты исследований и наблюдений использованы для разработки технологии кисломолочных напитков на основе молочной сыворотки с бифидогенными свойствами.

13.4.3. Влияние лактулозы на биохимические свойства микрофлоры и процессы структурообразования в кисломолочных продуктах

Г.Б. Гавриловым были поставлены специальные исследования по изучению метаболизма лактулозы и ее влиянию на структурные характеристики молочных продуктов [104]. Учитывая, что биотехнологии, построенные на использовании селективной трансформации отдельных составных компонентов молока, ограничивают использование заквасочных культур, была предпринята попытка установить возможность использования лактулозы для интенсификации процессов производства кисломолочных продуктов.

Перспективность направления совершенствования технологии кисломолочных продуктов связана с тем, что они обеспечивают человека необходимыми пищевыми веществами и энергией, а благодаря развитию микроорганизмов формируются уникальные функциональные свойства, которые обеспечивают специфические лечебные и профилактические характеристики. В табл. 13.23 показано влияние лактулозы на кислотообразующую способность молочнокислых микроорганизмов (дозы и вид закваски подбирали с учетом действующих рекомендаций) [104].

Таблица 13.23. Влияние лактулозы на изменение титруемой кислотности при получении кисломолочных продуктов ($X \pm m$; $m \leq 0,05$)

Продолжительность сквашивания, ч	Титруемая кислотность (°Т) кисломолочных продуктов с лактулозой (%)															
	Простокваша мечниковская (4,0 %)				Йогурт (2,5 %)				Кефир (2,5 %)				Сметана (15,0 %)			
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3
0,0	17	17	17	17	18	18	18	18	19	19	19	19	15	15	15	15
1,0	18	19	19	19	18	19	19	19	20	20	20	20	15	16	16	16
2,0	20	24	27	28	23	26	28	31	22	24	25	25	18	20	20	20
3,0	29	34	36	38	35	46	50	52	29	33	34	35	21	23	23	23
4,0	49	56	57	59	58	75	77	80	34	40	42	43	23	24	25	26
5,0	78	83	84	85	90	96	118	121	46	50	52	53	33	36	38	39
6,0	92	98	100	102	—	—	—	—	60	65	66	68	40	48	50	51
7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	72	83	95	97	53	60	61	63
8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	91	105	106	108	65	70	72	74
9,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	73	74	76

Это особенно важно при создании молочных продуктов со специальными свойствами, микрофлора которых обладает пробиотическими свойствами, а используемая лактулоза будет способна не только интенсифицировать их развитие в молоке или сливках, но и, попадая в желудочно-кишечный тракт, окажет стимулирующее воздействие на развитие симбиотической микрофлоры человека.

Установлено, что внесение лактулозы стимулирует биохимическую активность молочнокислых микроорганизмов. Наибольший темп роста титруемой кислотности отмечен при

заквашивании молока молочнокислыми палочками (болгарской и ацидофильной), в то время как ароматобразующие микроорганизмы, входящие в закваску для сметаны, не являются интенсивными кислотообразователями, хотя лактулоза оказывает на них стимулирующее воздействие.

Рациональные дозы лактулозы, необходимые для стимулирования активности молочнокислых микроорганизмов, составляют 0,01–0,02%. Показатель титруемой кислотности в этих случаях в среднем на 5,7–17,2% выше, чем при сквашивании молока или сливок без лактулозы. Независимо от вида получаемого продукта прослеживается логарифмическая кривая нарастания количества микроорганизмов в продуктах (рис. 13.32). Уровень микроорганизмов, регламентируемый СанПиН 2.3.2.1076–01, составляющий 10^7 КОЕ/г, в молоке и сливках с лактулозой достигается быстрее, а продолжительность процесса сокращается в среднем на 8–15%.

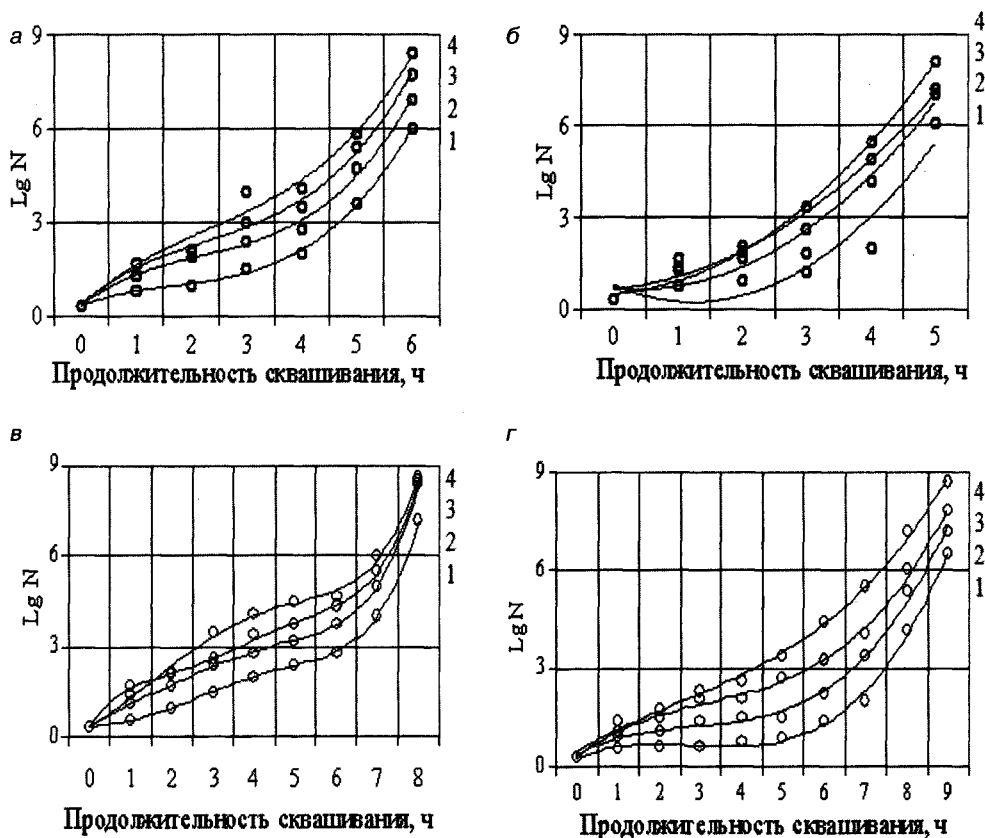


Рис. 13.32. Накопление микроорганизмов в субстратах с массовой долей лактулозы: 1 — 0%; 2 — 0,1%; 3 — 0,2%; 4 — 0,3%, где N — количество клеток, КОЕ/г (а — простокваша мечниковская; б — йогурт; в — кефир; г — сметана)

Лактулоза стимулирует протеолитическую и β -галактозидазную активность заквасочных культур микроорганизмов (табл. 13. 24, 13. 25) [104].

Таблица 13.24. Влияние лактулозы на протеиназную активность заквасок

Доза лактулозы, %	Протеолитическая активность, Δ мг небелкового азота в 100 мг, в кисломолочных продуктах при продолжительности сквашивания											
	Простокваша мечниковская (4,0 %)			Йогурт (2,5 %)			Кефир (2,5 %)			Сметана (15,0 %)		
	2 ч	5 ч	8 ч	2 ч	5 ч	8 ч	2 ч	5 ч	8 ч	2 ч	5 ч	8 ч
0,0	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,24	0,20	0,20	0,22	0,19	0,19	0,21
0,1	0,25	0,29	0,31	0,27	0,30	0,32	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,24
0,2	0,26	0,32	0,34	0,28	0,34	0,35	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26
0,3	0,28	0,33	0,35	0,29	0,35	0,37	0,22	0,23	0,25	0,24	0,26	0,27

Таблица 13.25. Влияние лактулозы на β -галактозидазную активность заквасок

Доза лактулозы, %	β -галактозидазная активность (Δ мг гидролизованной лактозы в 100 мг) в кисломолочных продуктах при продолжительности сквашивания											
	Простокваша мечниковская (4,0 %)			Йогурт (2,5 %)			Кефир (2,5 %)			Сметана (15,0 %)		
	2 ч	5 ч	8 ч	2 ч	5 ч	8 ч	2 ч	5 ч	8 ч	2 ч	5 ч	8 ч
0,0	0,02	0,03	0,05	0,03	0,05	0,12	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03
0,1	0,03	0,05	0,08	0,04	0,07	0,14	0,03	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05
0,2	0,03	0,06	0,09	0,05	0,08	0,15	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06
0,3	0,03	0,07	0,11	0,05	0,08	0,15	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06

Представленные данные свидетельствуют о том, что во всех средах энергично развиваются используемые виды микроорганизмов, однако, стимулированные лактулозой, они в более значительной степени способны утилизировать азотистые вещества. Так, в результате получения простокваши мечниковской лактулоза в концентрации 0,1–0,3% увеличивает протеолитическую активность в 1,19–1,52 раза, при производстве йогурта — в 1,31–1,52 раза; кефира — в 1,05–1,14 раза, сметаны — 1,16–1,29 раза. Активизированные лактулозой молочнокислые микроорганизмы имеют повышенную биохимическую активность протеолитической и β -галактозидазной систем, что интенсифицирует технологический процесс производства кисломолочных продуктов.

Для решения вопросов практического характера изучено влияние лактулозы на особенности образования пространственных структур кисломолочных продуктов под воздействием микрофлоры. С увеличением активности ферментных систем интенсифицируются процессы образования трехмерного матрикса кисломолочных продуктов, что приводит к более эффективному образованию молочнокислого сгустка, а также повышению его прочности. Выдвинутые предположения наглядно иллюстрируют результаты экспериментов, представленные на рис. 13.33 [104].

Ближкие к логарифмической кривой роста микроорганизмов зависимости повышения значений предельного напряжения сдвига связаны с динамикой микрофлоры, которая выполняет иницирующую функцию в процессах агрегации казеиновых мицелл с последующим структурированием системы. В целом можно констатировать, что роль данного олигосахарида в структурообразовании позволит целенаправленно регулировать микробиологические и биохимические процессы при сквашивании молока и молочных продуктов.

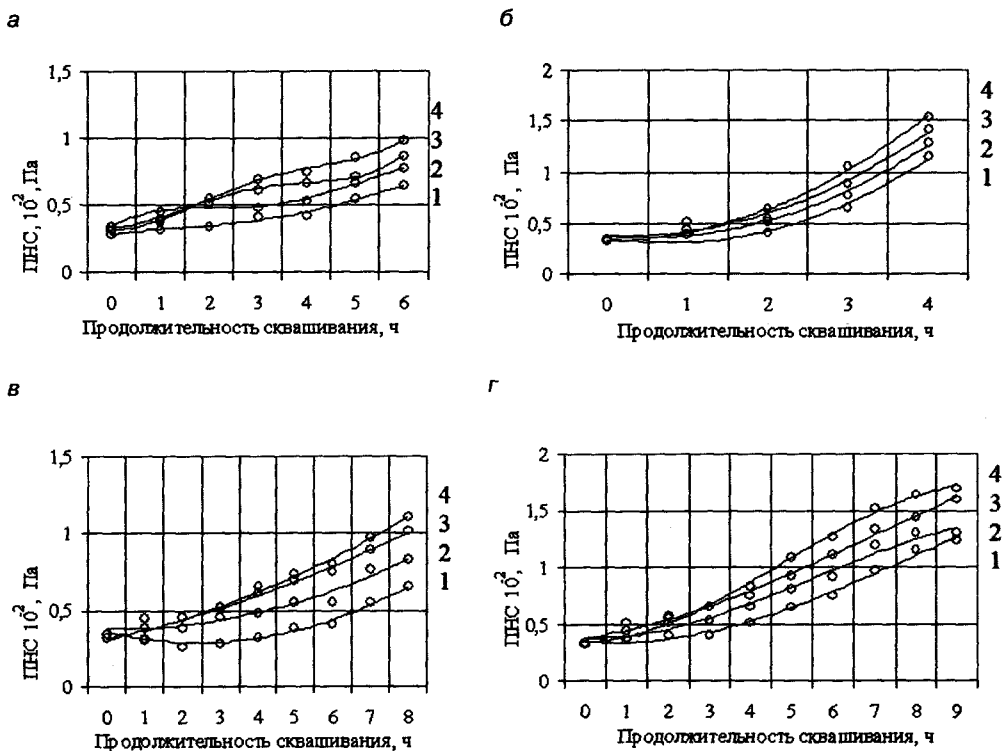


Рис. 13.33. Предельное напряжение сдвига в субстратах с массовой долей лактулозы: 1 — 0%; 2 — 0,1%; 3 — 0,2%; 4 — 0,3% (а — простокваша мечниковская; б — йогурт; в — кефир; г — сметана)

Выявленные факты открывают новые перспективы промышленного использования препаратов лактулозы, а разработанные способы повышения активности заквасочных культур позволяют интенсифицировать процессы биотехнологии получения кисломолочных напитков.

13.4.4. Биотехнологическая обработка бесказеиновой фазы

Биотехнологическая обработка бесказеиновой фазы (БФ) проводилась с целью удаления вместе с ионизированными солями других нежелательных компонентов, в т.ч. молочной кислоты, молекулы которой вследствие диссоциации H^+ ионов приобретают отрицательный заряд [105].

Теоретической предпосылкой процесса являются следующие положения. Известно [106], что одной из главных причин замедления роста молочнокислых бактерий является накопление в среде молочной кислоты — основного продукта их жизнедеятельности. Для поддержания максимальных значений скорости роста μ следует поддерживать данный фактор на оптимальном уровне. Этот уровень соответствует определенному значению активной кислотности среды. Оптимизировать данный фактор можно двумя путями. Первым и наиболее изученным является введение нейтрализаторов. Второй способ устранения влияния молочной кислоты на рост молочнокислых бактерий — ее удаление.

В работе [105] изучен процесс биомембранной обработки МПК, полученного на основе БФ, путем сквашивания. Сущность и приоритет («ноу-хау») заключается в постановке и решении проблемы удаления продуктов метаболизма биомембранными методами. Разработаны научные основы технологии производства кисломолочного напитка, содержащего жизнеспособные клетки ацидофильной палочки, из концентратов БФ с использованием биомембранной технологии.

Подобраны видовой состав микрофлоры закваски и питательной среды, разработано и изготовлено лабораторное оборудование, определены параметры ведения технологического процесса при производстве напитка. Изучены микробиологические и биохимические характеристики готового продукта. Разработаны рекомендации по ведению биомембранного процесса культивирования молочнокислых культур, в том числе в аппаратах непрерывным методом. Эксперименты проводили в условиях периодического и непрерывного культивирования микроорганизмов в среде на основе модельных систем молочного полисахаридного концентрата на специально сконструированной лабораторной установке — биомембранном реакторе с использованием ионоселективных мембран (не реализованное ноу-хау).

Объектами исследований служили модельные растворы лактозы, солей и молочной кислоты, молочно-полисахаридное сырье, микроорганизмы *Lactobacillus acidophilus*. Выбор ацидофильной палочки в качестве заквасочной культуры обусловлен следующими факторами: физиологичность для организма человека и способность размножаться в кишечнике; высокая антагонистическая активность по отношению к патогенной и условно-патогенной микрофлоре; способность ацидофильной палочки стимулировать рост бифидобактерий в молоке.

Изучена принципиальная возможность биотехнологической обработки молочного полисахаридного концентрата (МПК) с использованием лиофилизированной культуры *L. acidophilus*, обладающей высокой антагонистической активностью в отношении широкого спектра патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [107]. В качестве объекта исследований использовался МПК, контроля — концентрат обезжиренного молока. Массовая доля сухих веществ в образцах составляла 11,5 %. Биотехнологическую обработку после подготовки образцов осуществляли внесением заквасок и термостатированием при $(41 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 12 ч. Из образцов отбирали пробы, в которых определяли pH и титруемую кислотность, а также наиболее вероятное число (N) жизнеспособных клеток. В результате проведенных экспериментов получены кинетические зависимости изменения кислотности и N во времени, которые приведены в табл. 13.26 [105].

Таблица 13.26. Кинетика биомембранной обработки БФ

№ п/п	Время, ч	Кислотность, °Т		Продуктивность, lg N	
		Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
1	0	20	16	1	1
2	2	36	54	3	5
3	4	70	102	5	6
4	6	124	144	8	9
5	8	136	154	9	10

Следует отметить более высокую кислотообразующую активность на начальном этапе культивирования в системе «молочные компоненты — полисахарид» по сравнению с контролем. Образцы имеют вязкую, слегка тянущуюся однородную консистенцию, с приятным кисломолочным чистым запахом и вкусом, цвет от светло-кремового до белого (контроль).

Установлены кинетические закономерности удаления молочной кислоты из модельных растворов под действием электрического тока через полупроницаемые ионообменные мем-

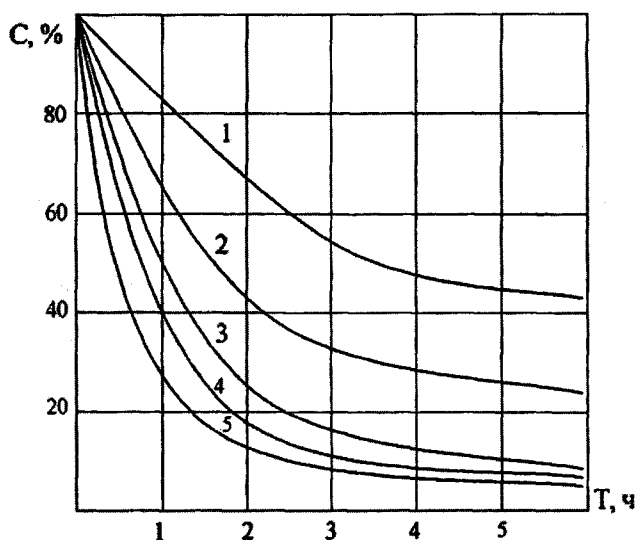


Рис. 13.34. Кинетика удаления молочной кислоты электродиализом при напряжении на электродах: 1 — 5 В, 2 — 10 В, 3 — 15 В, 4 — 20 В, 5 — 25 В

браны. В качестве объекта исследований использовался 1,0%-й раствор молочной кислоты в количестве 2,4 дм³. Регулирование кислотности проводили при температуре $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$, напряжении на электродах 5–25 В, частоте вращения мешалки 3 с⁻¹. Результаты исследований представлены на рис. 13.34 [105].

Из приведенных данных следует, что молочная кислота эффективно удаляется электродиализом в процессе культивирования при напряжении 10–20 В.

На следующем этапе работы в биомембранный реактор было помещено такое же количество сквашенного до титруемой кислотности 270 °Т МПК с массовой долей сухих веществ 25%. Плотность тока составляла 75% от предельного значения. В табл. 13.27 приведена зависимость титруемой кислотности и продуктивности культивирования ацидофильной палочки от напряжения на электродах после 2 ч обработки.

Таблица 13.27. Показатели биомембранной обработки МПК

№	Напряжение, В	Кислотность, °Т	Продуктивность, lgN
1	0,0	270	8,5
2	5,0	245	8,8
3	10,0	205	9,1
4	12,5	165	9,6
5	14,0	180	8,8

Полученные данные подтверждают, что ведение процесса биомембранной обработки при напряжении 10–15 В снижает титруемую кислотность на 30–40% после 2 часов, а продуктивность возрастает на порядок.

В результате реализации комплекса исследований установлена принципиальная возможность непрерывного культивирования молочнокислых микроорганизмов с выделением

молочной кислоты через полупроницаемые ионообменные мембраны под действием электрического тока и сформулированы рекомендации по ведению процесса, в том числе на промышленных аппаратах, применяемых для деминерализации молочного сырья. Разработаны научно-технические предположения производства кисломолочного продукта, содержащего жизнеспособные клетки ацидофильной палочки, с использованием непрерывно-поточного метода сквашивания молочно-полисахаридного сырья. Полученные результаты положены в основу разработки технологии Био-МПК (Биопротектор), в том числе для хлебопекарных улучшителей и кисломолочных продуктов.

13.4.5. Биотрансформация лактозы и лактулозы в модифицированных питательных средах

А. С. Бессоновым [77] совместно с доц. А. Д. Лодыгиным разработана технология синбиотического концентрата на основе молочной сыворотки с лактозой, частично изомеризованной в лактулозу с использованием анионообменных смол. Теоретической основой технологии является процесс ферментации модифицированных лактозосодержащих сред культурами бифидобактерий.

Обоснование состава среды для культивирования бифидобактерий. В нашей стране и за рубежом проведены многочисленные исследования по подбору ростовых и питательных сред, рекомендованных для выделения и культивирования бифидобактерий [108, 109, 110, 111, 112, 113]. При этом в качестве ингредиентов чаще всего используются томатный сок, экстракт мяса, печени и т. д. Почти во всех субстратах используются разнообразные пептоны [114]. Для приготовления сред также используют альбумин, казеин, дрожжевые автолизаты, отвары печени рыбы, экстракты злаковых растений.

Молочная сыворотка является весьма перспективной средой для развития бифидобактерий. Особый интерес представляет изомеризованная сыворотка. Традиционные лактозосодержащие питательные среды для культивирования бифидобактерий, кроме лактозы, содержат источники азотного питания, как правило, белковые гидролизаты (пептон, лактопептон, гидролизованное обезжиренное молоко и т. д.), источники минерального питания, различные стимуляторы роста (кукурузный экстракт, дрожжевой автолизат и т. д.). Анаэробные условия в среде создаются путем внесения цистеина, а также агара или желатина, затрудняющих диффузию кислорода воздуха в среду.

Для изучения влияния режимов изомеризации лактозы в лактулозу на рост бифидобактерий с помощью анализа литературных источников была разработана модельная питательная среда на лактозо-лактuloзной основе следующего состава: молоко обезжиренное гидролизованное — 5%; NaCl — 0,5%; KH_2PO_4 — 0,1%; K_2HPO_4 — 0,1%; агар — 0,08%.

В модельной питательной среде часть лактозы заменена на лактулозу, что не оказывает отрицательного воздействия на выход биомассы бифидобактерий, но при этом придает готовому продукту новые полезные свойства.

Исследование влияния процесса изомеризации лактозы в лактулозу на рост бифидобактерий в модельной питательной среде. Для изучения влияния концентрации лактулозы на рост бифидобактерий использовалась модельная питательная среда, лактозо-лактuloзная основа которой готовилась из лактозы и сиропа лактулозы. Для приготовления лактозо-лактuloзной основы готовили 5%-й растворы лактозы (марки «ч») и растворы сиропа лактулозы фирмы *MILIE* (концентрация лактулозы — 83% от общего содержания углеводов), затем растворы смешивали для получения различной концентрации лактулозы в питательной среде (табл. 13.28) [77]. В модельных питательных средах устанавливали pH 7,0–7,2 лимонной кислотой или раствором NaOH, после чего их стерилизовали.

Таблица 13.28. Состав модельных питательных сред

Проба	Объем растворов для приготовления 50 см ³ лактозо-лактолозной основы, см ³	
	Лактозы	Лактулозы
1	50	0
2	40	10
3	30	20
4	20	30
5	0	50

Показатели роста бифидобактерий на среде культивирования определили после 24 часов: кислотность, °Т — титриметрическим методом, количество КОЕ — методом предельного разведения и соотношение углеводов — методом газо-жидкостной хроматографии (последний показатель исследовали и в исходной питательной среде). Результаты экспериментов представлены в табл. 13.29 [77, 79].

Таблица 13.29. Влияние состава углеводов на титруемую кислотность и выход биомассы бифидобактерий

Проба	Кислотность, °Т	КОЕ/см ³	Относительное соотношение углеводов, %		
			Галактоза	Лактулоза	Лактоза
1	70 ± 1,1	(1,7±0,11) · 10 ⁸	1,13	0	98,87
2	72 ± 1,3	(3,2±0,19) · 10 ⁸	2,95	5,40	91,65
3	74 ± 1,0	(5,1±0,23) · 10 ⁸	3,73	25,45	70,82
4	77 ± 0,5	(7,2±0,17) · 10 ⁸	6,40	41,99	51,61
5	84 ± 0,5	(8,0±0,27) · 10 ⁸	8,60	85,84	5,57

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что внесение сиропа лактулозы в питательную среду стимулирует рост бифидобактерий, то есть способствует увеличению биомассы и нарастанию кислотности. Возможно, это связано с тем, что в питательную среду в составе сиропа вносится не только лактулоза, но и другие углеводы (галактоза и глюкоза), которые легче ферментируются бифидобактериями. Результаты измерения концентраций углеводов свидетельствуют о том, что бифидобактерии в процессе культивирования на питательной среде, содержащей галактозу, лактулозу и лактозу, ферментируют все три углевода (рис. 13.35) [77].

Таким образом, внесение сиропа лактулозы стимулирует рост бифидобактерий и после 24-часового культивирования в питательной среде остаются остаточные концентрации лактулозы.

Для изучения влияния способа изомеризации и процесса ионообменной обработки молочной сыворотки на рост бифидобактерий были использованы следующие варианты основы питательных сред: 1 — осветленная молочная сыворотка; 2 — осветленная сыворотка, подвергнутая изомеризации лактозы в лактулозу раствором Са(ОН)₂ (температура изомеризации 80 °С с выдерживанием 25 мин); 3 — осветленная сыворотка, подвергнутая анионообменной обработке, а затем изомеризации при температуре 80 °С в течение 40 мин; 4 — осветленная сыворотка подвергнутая анионообменной обработке.

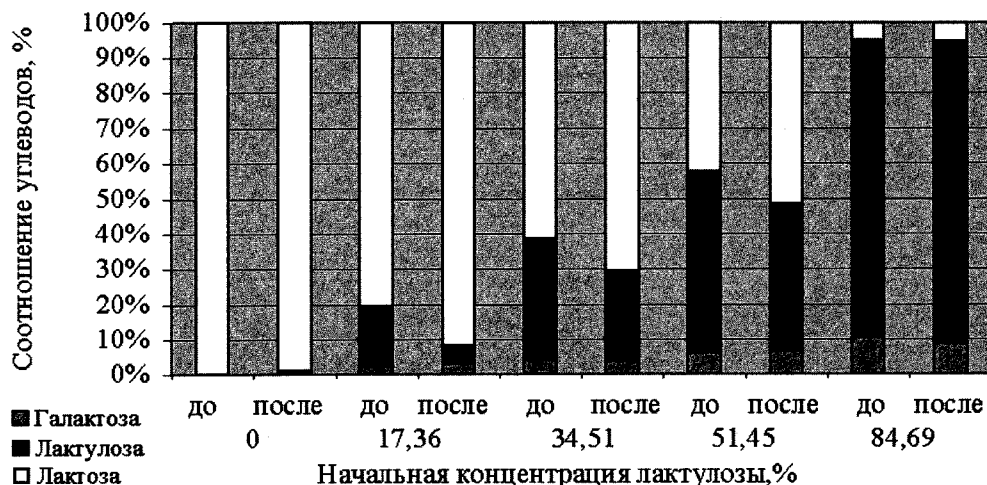


Рис. 13.35. Изменение относительной концентрации галактозы, лактулозы и лактозы до и после процесса культивирования бифидобактерий

В модельных питательных средах устанавливали pH 7,0–7,2 лимонной кислотой или раствором NaOH, после чего ее стерилизовали. Количественный учет колоний бифидобактерий (КОЕ/см³) проводили после 24 часов культивирования (табл. 13.30) [77, 79].

Таблица 13.30. Влияние способа обработки молочной сыворотки на выход биомассы бифидобактерий

Проба	КОЕ/см ³ бифидобактерий
1	$(4,66 \pm 0,21) \cdot 10^8$
2	$(9,66 \pm 0,18) \cdot 10^9$
3	$(7,00 \pm 0,25) \cdot 10^9$
4	$(3,66 \pm 0,16) \cdot 10^9$

Процесс изомеризации лактозы в лактулозу оказывает положительный эффект на рост бифидобактерий. Этот эффект определяется в основном наличием в среде лактулозы и гидролизованных сывороточных белков. При изомеризации с использованием Ca(OH)₂ наблюдается больший рост бифидобактерий, чем при использовании безреагентной изомеризации на смоле АВ-17–8 ЧС. Это обусловлено более высокой степенью гидролиза белков, который происходит при использовании в качестве катализатора щелочи. Образец, подвергнутый ионообменной обработке без термостатирования, незначительно превосходит контроль. Это связано с удалением из сыворотки (питательной среды) анионов, негативно влияющих на рост бифидобактерий.

Результаты исследований выявили дефицит белковых веществ в модельных питательных средах, поэтому было изучено влияние дозы внесения гидролизованного обезжиренного молока на рост бифидобактерий. В качестве лактозо-лактuloзной основы использовалась осветленная молочная сыворотка, подвергнутая изомеризации безреагентным методом. Кон-

центрация гидролизованного обезжиренного молока составляла 5, 10, 15 и 20 % от объема питательной среды (табл. 13.31) [77].

Таблица 13.31. Влияние дозы гидролизата обезжиренного молока на выход биомассы бифидобактерий

Проба	Концентрация гидролизата обезжиренного молока, %	КОЕ/см ³
1	5	$(4,25 \pm 0,19) \cdot 10^9$
2	10	$(4,15 \pm 0,26) \cdot 10^{10}$
3	15	$(1,4 \pm 0,31) \cdot 10^{11}$
4	20	$(1,75 \pm 0,24) \cdot 10^{11}$

Исходя из полученных результатов, оптимальная концентрация гидролизованного обезжиренного молока составляет 15%, при больших дозах выход биомассы бифидобактерий увеличивается незначительно, что приведет в производственных условиях к возрастанию затрат на приготовление среды при несущественном технологическом эффекте.

Для дополнительного обогащения питательной среды аминокислотами, а также пуриновыми и пиримидиновыми основаниями, которые являются факторами роста для бифидобактерий, изучено влияние количества дрожжевого экстракта на рост бифидобактерий. Результаты эксперимента представлены на рис. 13.36 [77].

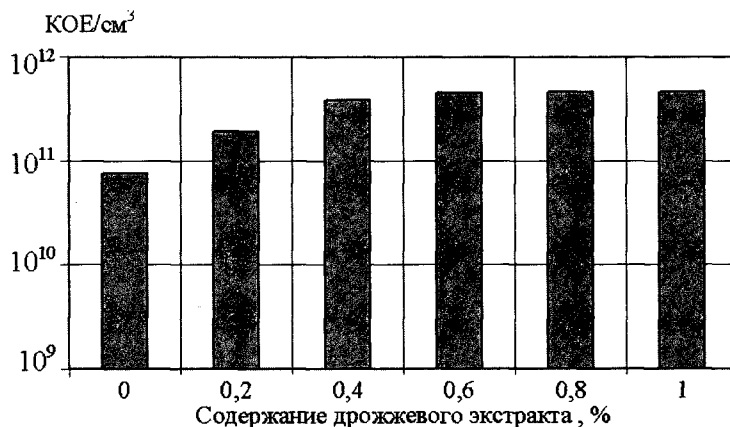


Рис. 13.36. Зависимость выхода биомассы бифидобактерий от концентрации дрожжевого экстракта

Результаты позволяют сделать вывод о том, что внесение дрожжевого экстракта положительно влияет на рост бифидобактерий, оптимальная концентрация составляет 0,4 %.

Кинетика роста бифидобактерий в разработанной питательной среде. Изучена кинетика роста бифидобактерий в оптимизированной среде на основе депротеинизированной молочной сыворотке, подвергнутой ионному обмену и изомеризации, с добавлением компонентов: молоко обезжиренное гидролизованное — 15%; NaCl — 0,5%; KH_2PO_4 — 0,1%; K_2HPO_4 — 0,1%; агар — 0,08%. В полученной питательной среде устанавливали pH 7,0–7,2 лимонной кислотой, после чего ее стерилизовали. Показатели роста бифидобактерий на среде культивирования определяли каждые 4 часа (табл. 13.32) [77].

Таблица 13.32. Результаты культивирования бифидобактерий в оптимизированной питательной среде

Время, ч	Кислотность, °Т	рН	КОЕ/см ³	Относительное соотношение углеводов, %		
				Галактоза	Лактулоза	Лактоза
0	31	7,05	$5,00 \cdot 10^5$	6,35	30,50	63,14
4	33	6,92	$9,93 \cdot 10^5$	1,98	31,11	66,89
8	38	6,73	$5,27 \cdot 10^6$	2,62	28,82	68,55
12	43	6,49	$9,31 \cdot 10^7$	4,42	24,76	70,80
16	51	6,19	$6,67 \cdot 10^8$	8,94	21,00	70,05
20	60	5,86	$1,64 \cdot 10^9$	11,06	18,62	70,31
24	73	5,57	$2,77 \cdot 10^9$	12,76	16,45	70,77
28	88	5,36	$4,12 \cdot 10^9$	15,50	13,86	70,62
32	98	5,22	$5,75 \cdot 10^9$	17,35	11,28	71,35
36	104	5,12	$7,41 \cdot 10^9$	18,44	8,58	72,97
40	107	5,08	$8,32 \cdot 10^9$	18,64	5,78	75,57

В процессе культивирования происходит нарастание кислотности питательной среды и, следовательно, уменьшение значения рН. В течение всего процесса культивирования (40 часов) происходит увеличение биомассы бифидобактерий, КОЕ достигает $8,0 \cdot 10^9$ в 1 см³. Динамика изменения концентраций углеводов свидетельствует о том, что бифидобактерии в процессе культивирования на питательной среде содержащей галактозу, лактулозу и лактозу ферментируют все три углевода, причем начальная скорость ассимиляции углеводов бифидобактериями в этой последовательности (галактоза, лактулоза и лактоза) уменьшается (рис. 13.37) [77], но она зависит от концентрации субстратов в питательной среде.

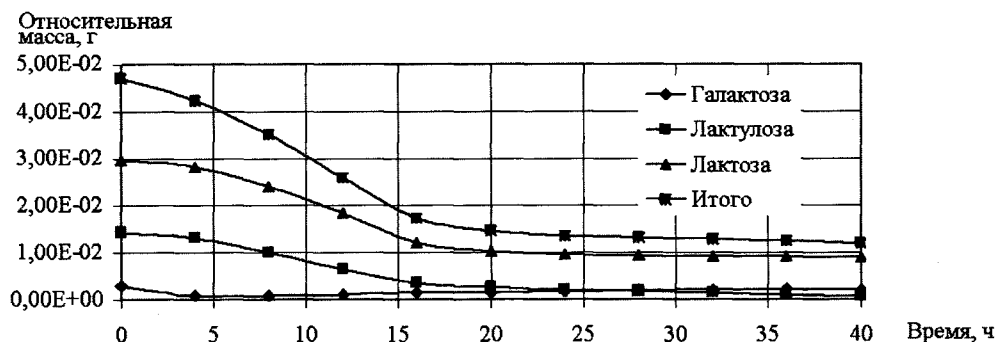


Рис. 13.37. Изменение содержания углеводов в процессе культивирования бифидобактерий

Для определения времени культивирования бифидобактерий проведен сравнительный анализ динамики изменения показателя КОЕ/см³ и относительной концентрации лактулозы в процессе культивирования (рис. 13.38) [77].

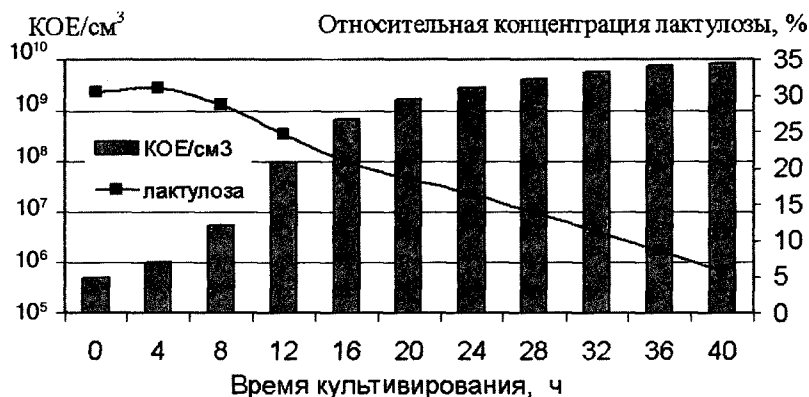


Рис. 13.38. Изменение количества бактерий (КОЕ/см³) и относительной концентрации лактулозы в процессе культивирования бифидобактерий

Анализ графических зависимостей показывает, что культивирование можно продолжать 16–20 ч. В течение этого времени происходит интенсивное накопление биомассы бифидобактерий и остаточная концентрация лактулозы находится в пределах 18–21% (от общей концентрации углеводов). При продолжении культивирования происходит незначительное увеличение биомассы при стабильном понижении концентрации лактулозы в питательной среде, что не приемлемо для получения синбиотического концентрата. Оптимальная продолжительность культивирования бифидобактерий для получения синбиотического концентрата составляет (17 ± 1) ч. При этом кислотность питательной среды достигает 5,3 °Т, рН — 6,11, КОЕ — $7,3 \cdot 10^8$ в 1 см³, а относительная концентрация лактулозы — 20%.

13.5. Гидролиз сывороточных белков

Сывороточные белки обладают ценнейшими биологическими свойствами, они содержат оптимальный набор жизненно необходимых аминокислот и с точки зрения физиологии питания приближаются к аминокислотной шкале «идеального» белка. Необходимо принять во внимание, что в настоящее время широкое распространение получила пищевая аллергия и непереносимость белков пищи. По данным ВОЗ, пищевой аллергией страдают в настоящее время во всем мире не менее 1–2% взрослых и не менее 5% детей [115]. В лечении пищевой аллергии центральное место по-прежнему занимает элиминационный принцип [116], состоящий в удалении аллергенного продукта из диеты больного. В то же время элиминируемые высокоаллергенные продукты обладают высокой пищевой ценностью, являясь источниками полноценного белка и ряда микронутриентов. В этой связи актуальность приобретает проблема создания специализированных гипоаллергенных продуктов, содержащих источник полноценного белка, не вызывающего аллергических реакций. Для этого необходимо, чтобы в составе белкового компонента продукта отсутствовали структуры, способные при поступлении с пищей вызывать аллергические реакции.

Как известно, детерминанты, распознаваемые иммунокомпетентными клетками и антигенами в белках, могут быть нескольких типов [117]. Это «последовательные» эпитопы, представляющие собой короткие (несколько остатков) фрагменты пептидной цепи; «петлевые» эпитопы, являющиеся также короткими фрагментами, но жестко стабилизированными

дисульфидными мостиками; «конформационные» эпитопы, образованные пространственно сближенными в молекуле белка аминокислотными остатками, принадлежащими к удаленным друг от друга участками последовательности.

Если структуры 3-го типа достаточно эффективно разрушаются даже при относительно неглубоком ферментативном гидролизе белка, то детерминанты 1-го и 2-го типа могут сохраняться даже в сравнительно коротких пептидах, состоящих из 10–20 аминокислотных остатков. При этом для ряда пищевых аллергенов, в частности, β -лактоглобулина коровьего молока, аллергенные детерминанты являются именно «последовательными» эпитопами.

Свободные аминокислоты и короткие фрагменты пищевых белков, образующиеся при протеолизе, не аллергенны, хотя последние и могут содержать отдельные аллергенные эпитопы [118].

Гидролиз сывороточных белков актуален по нескольким причинам. Во-первых, смеси пептидов различной длины всасываются в пищеварительном тракте быстрее и полнее, чем эквивалентные по составу смеси аминокислот [119]. Во-вторых, в составе белковых гидролизатов могут присутствовать различные физиологически активные пептиды, необходимые для регуляции ряда важных функций организма. В-третьих, возможно положительное влияние пептидов, на усвоение некоторых эссенциальных микронутриентов, а именно ионов металлов. В составе ферментативных гидролизатов казеина и белка молочной сыворотки присутствуют пептиды, способные образовывать прочные координационные (хелатные) соединения с ионами кальция и значительно усиливать эффективность их всасывания [120]. В-четвертых, ферментативные гидролизаты белка в составе специализированных гипоаллергенных продуктов имеют определенные технологические (функциональные) преимущества над смесями аминокислот.

Гидролиз сывороточных белков может быть осуществлен химическим (под действием минеральных кислот и щелочей при повышенных температурах) и ферментативным (с использованием препаратов протеолитических ферментов) способами. В ходе кислотного гидролиза расщепляются все типы пептидных связей между различными аминокислотными остатками, и поэтому возможно практически полное расщепление белка. Однако кислотный гидролиз как технологический процесс имеет ряд недостатков (частичное или полное разложение ряда аминокислот, образование меланоидинов, необходимость нейтрализации кислоты) [121].

При щелочном гидролизе белка происходит рацемизация аминокислот, в результате чего получающийся гидролизат утрачивает биологическую ценность. В пищевых производствах щелочной гидролиз белка не применяется. Существующие методики получения щелочных гидролизатов белков направлены в основном на получение препаратов технического (не пищевого) назначения.

Преимуществом ферментативного гидролиза белка является, в первую очередь то, что этот процесс идет с высокой скоростью при относительно мягких условиях: атмосферном давлении и температуре не выше 70 °C (как правило, 37–50 °C), поэтому он практически не сопровождается повреждением аминокислот и снижением биологической ценности. Основными продуктами ферментативного гидролиза практически всегда являются пептиды, а фракция свободных аминокислот, как правило, относительно невелика.

Среди веществ, способствующих ферментативной модификации пищевых белков, существенное место занимают протеолитические ферментные препараты различного происхождения, под влиянием которых в белковой молекуле происходит специфическое расщепление пептидных связей, в результате изменяется молекулярная масса белка, растет его гидрофобность и усваиваемость организмом [122].

Наиболее широким и перспективным источником протеиназ являются микроорганизмы, относящиеся к родам *Bacillus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Streptomyces*, *Pseudomonas* [63]. Протеиназы животного происхождения, как и микробиологические препараты, имеют перспективы для их использования в гидролизе белков молочной сыворотки. Эффективность гидро-

лиза белков молочной сыворотки различными протеолитическими ферментами приведена в табл. 13.33 [123].

Таблица 13.33. Эффективность гидролиза белков молочной сыворотки различными протеолитическими ферментами

Содержание в сыворотке, %	Контроль	После термооб- работки	Гидролиз протеолитическими ферментами					
			Протоальбин	Проторизин	Протолец- тин	Панкреатин (технический)	Панкреатин (медицинский)	Куриный пепсин
Белок	0,787	0,624	0,544	0,531	0,527	0,489	0,473	0,462
Полипептиды	0,039	0,051	0,119	0,114	0,103	0,116	0,112	0,131
Аминокислоты	0,209	0,223	0,151	0,119	0,167	0,153	0,129	0,136

По эффективности гидролиза белков молочной сыворотки протеолитические ферменты можно расположить в следующий ряд (% гидролиза):

Панкреатин (медицинский)	67
Проторизин	63,5
Куриный пепсин	54
Протомезентерин	52,8
Протоальбин	46,9

Биологически полноценные гидролизаты молочного белка получают путем применения комбинаций протеаз животного происхождения и препаратов микробного синтеза, в частности панкреатина и протосубтилина [63]. В зависимости от применяемых ферментных препаратов или различных их комбинаций с помощью регулирования их температурных режимов гидролиза и его продолжительности можно получить ферментативные препараты сывороточных белков различного функционального назначения [122].

На кафедре прикладной биотехнологии Северо-Кавказского государственного технического университета аспирантом Н. С. Донским и докторантом А. Д. Лодыгиным проведены экспериментальные исследования ферментативного гидролиза сывороточных белков. Объектом исследований являлся сывороточный концентрат (ретентант) полученный методом ультрафильтрации. Ниже информационно приводятся некоторые результаты промежуточных исследований. В системном виде работа близка к завершению.

Важным фактором для эффективного проведения ферментативного гидролиза сывороточных белков, является pH среды. Существуют химические способы раскисления молочной сыворотки. Однако химические реактивы приводят к необратимым изменениям компонентов молочной сыворотки и отрицательно влияют на выход продуктов гидролиза, как сывороточных белков, так и лактозы. Наибольший интерес вызывает способ электрохимической активации.

Для проведения гидролиза белков молочной сыворотки в ультраконцентрате, подвергнутом электроактивационной обработке до оптимальных значений pH, использован панкреатин ПЗх. Степень гидролиза оценивали по нарастанию аминного азота в исследуемых образцах по сравнению с контролем — исходным концентратом сывороточных белков (табл. 13.34).

Кинетика ферментативного гидролиза сывороточных белков представлена на рис. 13.39.

Таблица 13.34. Нарастание аминного азота в образцах концентрата сывороточных белков с различными значениями рН

Время отбора проб, ч	Концентрация аминного азота, мг % при рН					
	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
14	26,32	30,9	37,52	41,16	36,68	36,12
15	26,88	31,36	39,76	41,16	38,08	36,12
16	26,32	31,36	39,76	40,6	37,8	35,28
24	25,48	28,56	38,36	39,48	35,56	32,76

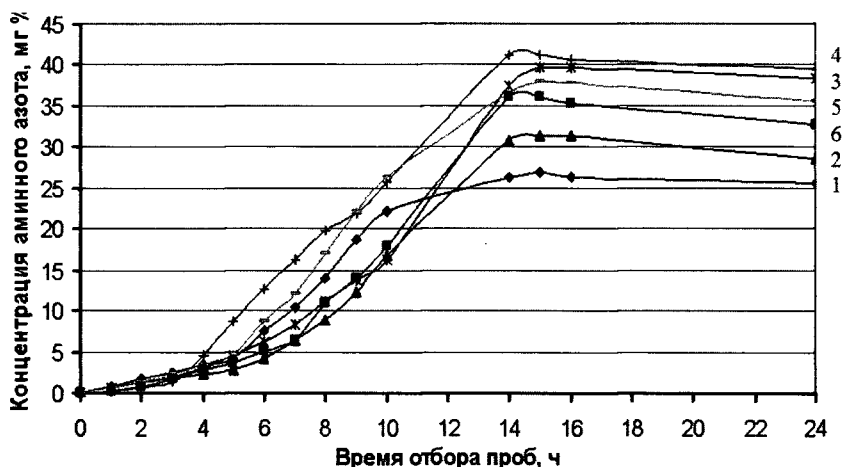


Рис. 13.39. Кинетика ферментативного гидролиза сывороточных белков при значениях рН: 1 — 7,5; 2 — 8,0; 3 — 8,5; 4 — 9,0; 5 — 9,5; 6 — 10,0

Установлено, что электроактивация положительно влияет на процесс протеолиза сывороточных белков: снижается продолжительность ферментации, необходимая для достижения максимального значения степени протеолиза, до 14–15 ч; сокращается расход ферментного препарата; исключается использование щелочных реагентов для установления оптимальных для действия панкреатина значений рН субстрата.

Технологический процесс ферментативного гидролиза сывороточных белков в концентратах, подвернутых электрохимической активации, представляется перспективным применительно к технологии следующих групп продуктов:

- концентраты сывороточных белков, получаемые методами ультра- и диализации с регулируемым уровнем протеолиза;
- комплексные препараты с регулируемым углеводным и минеральным составом на основе композиций гидролизатов сывороточных белков и лактозы (гликопротеомика);
- бифидогенные концентраты лактулозы синергетического действия, обогащенные гидролизатами сывороточных белков (гликопротеомика).

Особый интерес при изучении проблемы гидролиза сывороточных белков имеет направленное и управляемое регулирование аминокислотного состава получаемых продуктов. В практическом плане — это прежде всего помощь страдающим детям с фенилкетонури-

ей [125]. Фенилкетонурия — наследственное заболевание, связанное с нарушением аминокислотного обмена. Она является наиболее распространенным заболеванием по сравнению с другими наследственными нарушениями аминокислотного обмена. До настоящего времени единственным эффективным методом лечения данного заболевания является диетотерапия.

Проблема имеет глобальное значение и на мировом уровне решена — известна целая серия продуктов. В нашей стране к ее решению было привлечено внимание ИП АМН. Много раз к ней возвращался проф. П. Ф. Крашенинник с сотр. НИИДП [126]. В системном виде проблему рассмотрел В. И. Круглик [127, 128]. Практический вклад в ее решение внесла школа проф. Л. А. Остроумова (КемТИИПП) — работа А. Ю. Просекова с сотр. [125, 129, 130, 131]. Системные исследования проведены в Сибирском институте сыроделия В. В. Ельчаниновым с сотр. [132, 133]. Кратко остановимся на сути разработок, для подчеркивания уровня проблематики и оригинальности подходов к ее решению.

Используемые в настоящее время технологии при производстве гидролизатов белка с низким содержанием фенилаланина основаны на селективной адсорбции или мембранном фракционировании частичных гидролизатов белка. Получаемые препараты не оказывают эффективного воздействия на коррекцию патологического состояния больного, поскольку расщепление полипептидной цепи молекулы белка ведут протеазами. При этом степень гидролиза достигает 30–60 %, что не обеспечивает достаточно полного удаления фенилаланина из полипептидной цепи.

В связи с этим, необходимо разрабатывать новые подходы к получению таких продуктов, которые будут обеспечивать достаточно полное удаление фенилаланина из реакционной смеси при высоком выходе продукта. С этой целью может быть использована фенилаланин-аммонийлиаза, являющаяся ключевым ферментом метаболизма фенилпроаноидов в растениях и грибах. Данный фермент участвует в синтезе вторичных метаболитов (флавоноидов, фуранокумаринов, компонентов клеточных стенок) и существует в виде множественных изоформ. Фенилаланин-аммонийлиаза характеризуется наибольшей специфичностью по отношению к фенилаланину по сравнению с другими ферментами его метаболизма в растениях.

Установлены оптимальные параметры биотрансформации фенилаланина под действием препарата фенилаланин-аммонийлиазы: температура 30 °С, pH 8,5 (буфер трис-HCl), продолжительность ферментации 4 ч, соотношение фермента с субстратом 1 : 50 [125]. Разработанная технология обеспечивает получение энзиматических белковых гидролизатов с заданным аминокислотным составом при максимальном удалении фенилаланина из полипептидной цепи, что позволяет рекомендовать их для использования в продуктах питания для больных фенилкетонурией.

Реализован комплекс исследований [129] по разработке технологии получения смеси аминокислот из белков молочной сыворотки с применением методов промышленной хроматографии. Основой технологии является кислотный гидролиз белков в (14–18) %-м растворе соляной кислоты при температуре (115–120) °С и давлении 1,5 атм. в течение не более 20 ч (до прекращения нарастания аминного азота). Для получения смеси аминокислот рекомендовано использовать молочное сырье с массовой долей белка не менее 30 %. Для глубокого фракционирования близких по физико-химическим свойствам аминокислот предложен метод группового разделения гидролизатов с использованием катионитов, анионитов, амберлита и активированных углей. Разработанный способ позволяет получать концентраты основных (аргинин, гистидин, лизин) и нейтральных (цистин, глицин, серин, треонин, аланин, пролин, метионин, валин, лейцин, изолейцин) аминокислот с отделением фракции дикарбоновых аминокислот (глутаминовая, аспарагиновая).

В работе [130] изучен аминокислотный состав молочных продуктов с высоким содержанием фенилаланина и потенциально пригодных для приготовления детских молочных продуктов для больных фенилкетонурией. Установлено, что наиболее рациональным сырьем в технологии продуктов для больных фенилкетонурией является сухая молочная сыворотка,

содержащая полный набор аминокислот в оптимальном для организма ребенка соотношении при минимальной концентрации фенилаланина в пересчете на белок. Определены рациональные параметры проведения гидролиза белков молока под действием энзимотрической системы «химотрипсин — карбоксипептидаза А — лейцинаминопептидаза»: температура $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$, концентрация ферментов 0,01 % от массы белка, продолжительность $(25 \pm 0,5)$ ч. По результатам исследований разработана технология получения полуфабриката специального назначения, представленная в виде принципиальной схемы на рис. 13.40.



Рис. 13.40. Принципиальная технологическая схема получения полуфабриката специального назначения

Работа по данному направлению продолжена в КемТИПП с разработкой технологии новых композиционных продуктов молочного типа, основанной на биотрансформации сывороточных белков [131]. В качестве объекта при проведении экспериментальных исследований использован раствор КСБ, подвергнутый энзиматической модификации 0,1 %-м раствором

пепсина. Сравнительный фракционный состав белков молочной сыворотки до и после ферментативной модификации приведен в табл. 13.35.

Таблица 13.35. Фракционный состав белков молочной сыворотки, подвергнутых биотрансформации

Наименование фракций	Содержание фракций при продолжительности гидролиза, ч		
	Контроль	1	5
β-Лактоглобулин	47,5	45,2	41,7
α-Лактальбумин	18,7	17,8	17,2
Альбумин сыворотки крови	6,8	6,5	6,3
Иммуноглобулин G ₁	6,9	6,3	6,1
Иммуноглобулин G ₂	6,8	6,5	6,4
Иммуноглобулин A	4,8	4,7	4,5
Неизвестные фракции	6,0	5,5	5,4

По результатам исследований ферментативная обработка концентрата сывороточных белков, позволяющая провести корректировку их количественного и качественного состава, рекомендована в качестве обязательного элемента технологического процесса при их использовании в продуктах питания специального назначения.

Специалистами Сибирского НИИ сыроделия в рамках разработки продуктов питания для больных фенилкетонурией изучены аминокислотные последовательности фракций α_{s1} -, α_{s2} -, β -, κ -казеинов [132]. Установлено, что относительное содержание фенилаланина составляет по фракциям казеина: α_{s1} —4,02%, α_{s2} —2,90%, β —4,31%, κ —2,37%. Результаты исследований свидетельствуют о том, что невысокое относительное содержание фенилаланина, реоморфная (открытая) третичная структура, низкое содержание трудногидролизующихся аминокислотных последовательностей позволяет использовать казеины молока для получения белковых гидролизатов — компонентов питания больных фенилкетонурией.

Аналогичные исследования проведены применительно к основным фракциям белков молочной сыворотки, для которых содержание фенилаланина составляет: β -лактоглобулин — 2,47%, α -лактальбумин — 3,25%, альбумин сыворотки крови — 4,63%, лактоферрин — 3,92% [133]. Применение сывороточных белков в качестве сырья для получения продуктов специального назначения ограничивается высоким содержанием дисульфидных связей.

Степень ферментативного гидролиза определяется физическим состоянием субстрата. Нативные белки, насыщенные сульфгидрильными связями, характеризуются ограниченным протеолизом. Для более полного гидролиза требуется денатурация белка с обязательным восстановлением дисульфидных связей, что достигается применением специфических денатурирующих агентов (8 М мочевины, 6 М гуанидин-хлорид) с последующим алкилированием образующихся остатков цистеина. Анализ первичной структуры сывороточных белков показывает, что большинство из них содержит большое количество (от 4 до 17) внутримолекулярных дисульфидных связей, что затрудняет получение белковых гидролизатов с пониженным содержанием фенилаланина [133].

Следует обратить внимание, что проблема направленного и управляемого протеолиза белков молока в целом и сывороточных белков в частности только поставлена. Ее решение, например, получение биоактивных пептидов — иммунопептидов, казоморфинов, казокининов, иммуноглобулинов, лактоферрина, казеинфосфопептидов, лактофинов и др., упомянутое в свое время А. Тепелом [134], а так же линейки аминокислот, само по себе имеет глобальное значение.

13.6. Резюме по главе 13

Гидролиз лактозы до моноз находится на стадии масштабирования в отрасли. Здесь возможны прорывы на уровень высоких нанобиотехнологий с «умной экономикой». Молочная сыворотка — идеальное лактозосодержащее сырье для исследований и практики. Проект с брендом «МиЛа» (минимум лактозы) просится в жизнь. И видимо следует согласиться с П. Елен (Канада), что прорыв в получении лизатов микроорганизмов с лактазой, на уровне сквашивания, решит глобальную проблему непереносимости лактозы частью населения Земли.

Непереносимость лактозы в последнее время является предметом пристального внимания исследователей всего мира [135]. При этом подчеркивается, что причины непереносимости пока полностью не поняты и не изучены. Генетический и метаболический ландшафт кишечной микробиоты (10^{14} — около 1000 видов бактерий и более 7000 штаммов) играет в данном процессе определяющую роль. Использование современных методов меченых изотопов — биомаркеров, ЯМР, ГЖХ позволяет приблизиться к разгадке этого явления, имеющего для каждого из нас жизненно важное значение.

Подробный анализ процесса гидролиза лактозы, в том числе проблематичных аспектов, сделан недавно [136]. Это особенно важно в условиях современной отрасли. Предложенная методология «ферментных коктейлей», с использованием «внутренней» β -галактозидазы культур, представляется перспективной. Кстати, в свое время проведенные в этом плане системные исследования с грибным препаратом β -галактозидазы Н. Г. Чеботаревой [47] дали аналогичные результаты. К сожалению, они не были реализованы на практике.

Получение бактериоцинов, начатое еще великим Луи Пастером [137], требует продолжения в широком плане синтеза производных лактозы и сывороточных белков. В принципе, на основе молочной сыворотки с биотрансформацией ее компонентов и внесением обогатителей типа Лаэль [138] и Лактобел — ЭД [102] возможно получение всей гаммы уникальных кисломолочных напитков функционального назначения, равных по меньшей мере, всемирно известным брендам народов долгожителей Кавказа — кефир, айран, мацони, довга, кумыс и др. Именно в этом состоит один из главных факторов феномена молочной сыворотки. А для СКФО это благородный и возможно благодатный бренд для направленного пиара федерального и мирового уровней. При этом СевКавГТУ, как неременная составляющая инновационно-образовательного кластера (СевКавФУ), может обеспечить научное, кадровое и информационное сопровождение феномена долгожителей.

Направленный и управляемый синтез лактулозы остается инновационным приоритетом науки и практики. Несмотря на достаточно активную проработку проблематики и практику получения, этот пребиотик № 1 признанный во всем мире, заслуживает всестороннего и большего внимания. Изложенные в главе ретроспективно современные инновации, могут быть отправной точкой для модернизации современных высокотехнологичных производств. В перспективе для синтеза лактулозы представляется целесообразным обратить особое внимание на возможности биокатализа [68] и лазерной обработки [70]. Безусловно, сохраняется приоритет за ЭХА-водой и др. способами низкоэнергетического воздействия на протонную систему растворов лактозы.

Возможности биотрансформации лактозы и ее производных, в том числе очередность метаболических процессов в иерархии симбиоза, бесконечны. Эра биомембранной технологии только формируется. Например, продукты «Биотек» и «Биотек-Актив» [139] с гидролизом и нейтрализацией открывают определенную перспективу. Особый интерес представляет новое направление по биотехнологии напитков на основе вторичного молочного сырья, в т. ч. молочной сыворотки, с гармонизацией ингредиентов для детоксикации этанола, разработанный А. В. Крупинным [140]. Данный инновационный прорыв творческого коллектива мэтра Л. А. Остроумова (КемТИПП) является ярким примером модернизации наших представ-

лений в этой области (равным, по крайней мере, кузбасскому методу по извлечению метана из угольных отвалов) и еще одним доказательством феномена молочной сыворотки, как «найденного сокровища». Это же относится к формированию полисахаридных капсул пробиотиками в присутствии лактулозы (пребиотик) для защиты клеток от вредных воздействий окружающей среды [141], а также синтез полисахарида кефирана [142].

Протеолиз сывороточных белков начинает свой жизненный цикл. Конечно, особого внимания заслуживает направленное регулирование аминокислотного пула гидролизатов. Извлечение фенилаланина яркий пример востребованности медицины к новациям технологии пищевых производств, на примере молочной сыворотки. На этой же базе возможно получение биоактивных иммунных пептидов (природных антибиотиков): казоморфинов, казоканинов, лактифина, иммуноглобулинов, лактоферрина и др.

В целом на молочной сыворотке и ее компонентах видится линейка биогенных элисторов, в т. ч. бактериоцинов и синбиотиков.

13.7. Литература к главе 13

1. Четвертый Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Тезисы докладов. — М., 2007. — 420 с.
2. Храмцов, А. Г. Доктрина инновационных технологий молочных продуктов — возможности реализации [Текст]/А. Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2008. — № 4. — С. 64–67.
3. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов и др. — С-Пб.: Профессия, 2007. — 768 с.
4. Свириденко, Ю. Я. Ферментативная трансформация лактозы и белков молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко, Д. В. Абрамов//Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 28.
5. Лодыгин, А. Д. Инновационные приоритеты научной проблематики по лактозе и ее производным [Текст]/А. Д. Лодыгин, И. К. Куликова, С. А. Рябцева и др.//Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 239–240.
6. Свириденко, Ю. Я. Гидролиз лактозы: мировой опыт [Текст]/Ю. Я. Свириденко, В. Ю. Смургин//Молочная промышленность. — 1996. — № 7. — С. 21–22.
7. Свириденко, Ю. Я. Гидролиз лактозы: опыт использования в России [Текст]/Ю. Я. Свириденко, В. Ю. Смургин//Молочная промышленность. — 1996. — № 8. — С. 19–20.
8. Серов, А. В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Серов Александр Владимирович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2004. — 309 с.
9. Садовой, В. В. Разработка научных принципов проектирования состава и совершенствования технологий многокомпонентных мясных изделий с использованием вторичных ресурсов пищевой промышленности [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Садовой Владимир Всеволодович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 360 с.
10. Залашко, М. В. Микробный синтез на молочной сыворотке [Текст]/М. В. Залашко, Л. С. Залашко. — Минск: Наука и техника, 1976. — 274 с.
11. Залашко, М. В. Биотехнология переработки молочной сыворотки. [Текст]/М. В. Залашко. — М.: Агропромиздат, 1990. — 192 с.
12. *Trends in Utilization of Whey and Whey Derivatives/Bulletin of the International Dairy Federation.* — 1988. — N 233. — 118 p.
13. *Whey /Text/Proceedings of the second International Whey Conference, Chicago, USA, 1997. — Brussels: International Dairy Federation, 1998. — 367 p.*
14. *The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition /Text/Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — 411 p.*
15. *The Wonders of Whey ...Catch the Power /Text/Proceedings of the 4th International Whey Conference, Chicago, USA, 2005. — Chicago: American Dairy Products Institute, 2006. — 439 p.*
16. *Wheyevolution /Text/Proceedings of the 5th International Whey Conference. — Paris, France, 2008. — 51 p.*
17. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки молочной сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — 173 с.
18. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — 209 с.
19. Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности [Текст]/Под ред. И. А. Евдокимова (коллективная монография по материалам международной научно-практической конференции). — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — 84 с.

20. Международный научно-практический семинар «Переработка молочного сырья: оборудование, аппаратурно-процессовое оформление, технологии». — Чешская Республика, Прага, 2008.
21. Материалы Белорусско-российского семинара «Актуальные вопросы переработки молочной сыворотки». — Республика Беларусь, Минск, 2006.
22. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Передовые технологии и оборудование в производстве молока». — Брест: НОУ ОНТЦ МП, 2009.
23. Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» (Москва, 14–16 мая 2007) и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» (Москва, 17 мая 2007). — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — 402 с.
24. Гаврилова, Н. Б. Ферментированная молочная сыворотка [Текст]/Н. Б. Гаврилова//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 30–31.
25. Объедков, К. В. Переработка сыворотки в Республике Беларусь [Текст]/К. В. Объедков//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 44–45.
26. Храпцов, А. Г. Использование лактозы и ее производных [Текст]/А. Г. Храпцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 50–52.
27. Свириденко, Ю. Я. Гидролизаты термокоагулированных белков молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко, Д. В. Абрамов, Г. М. Свириденко//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 66.
28. Остроумов, Л. А. Переработка сыворотки в низколактозные продукты [Текст]/Л. А. Остроумов, С. Г. Козлов//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 67–68.
29. Лисин, П. А. Биотермодинамические параметры сыворотки [Текст]/П. А. Лисин, Н. Б. Гаврилова//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 44–45.
30. Донской, Н. С. Применение ферментативного гидролиза лактозы [Текст]/Н. С. Донской, А. Д. Лодыгин, А. Г. Варданиян и др.//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 74–75.
31. Лодыгин, А. Д. Концентрат галактоолигосахаридов из лактозы и ультрафильтрата молочной сыворотки [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Б. Родная//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 54.
32. Остроумов, Л. А. Гидролиз концентрата сывороточных белков экзо- и эндопептидазами [Текст]/Л. А. Остроумов, А. Ю. Просексов, О. О. Бабич//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 55–56.
33. Храпцов, А. Г. Адаптация доктрины нанобиомембранных технологий на основе кластеров молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храпцов//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 34–37.
34. Лодыгин, А. Д. Нанотехнологии трансформации лактозы в кластеры бифидогенных концентратов [Текст]/А. Д. Лодыгин, Н. С. Донской, А. Б. Родная, А. Г. Варданиян//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 57–58.
35. Евдокимов, И. А. Новые технологии напитков на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой [Текст]/И. А. Евдокимов, А. Д. Лодыгин, Е. И. Верба//Переработка молока. — 2006. — № 11. — С. 34–35.
36. Евдокимов, И. А. Стратегия переработки молочной сыворотки в отечественных условиях [Текст]/И. А. Евдокимов//Переработка молока. — 2009. — № 4. — С. 38–40.
37. Horton, B. S. Economics of marketing lactose and lactose by-products in a global trading environment [Text]/B. S. Horton//Bulletin of the International Dairy Federation. — 1993. — N 289. — PP. 7–9.
38. Geilman, W. G. Preparation and properties of syrups made by the hydrolysis of lactose [Text]/W. G. Geilman//Bulletin of the International Dairy Federation. — 1993. — N 289. — PP. 33–37.
39. Нахапетян, Л. А. Получение глюкозогалактозных сиропов из молочной сыворотки [Текст]/Л. А. Нахапетян, Л. И. Мотина//Биотехнология. — 1988. — № 1. — С. 62–64.
40. Свириденко, Ю. Я. Сироп глюколакт — новые возможности использования молочного сахара [Текст]/Ю. Я. Свириденко, В. Ю. Смургин//Молочная промышленность. — 1997. — № 1. — С. 16.
41. Варданиян, А. Г. Результаты исследований ферментативного гидролиза лактозы в пермеате молочной сыворотки, подвергнутом электрохимической активации [Текст]/А. Г. Варданиян, А. Г. Храпцов, А. Д. Лодыгин и др.//Вестник СевКавГТУ. — 2007. — № 4. — С. 49–52.
42. Тоссавайнен, О. Преимущества молока без лактозы [Текст]/О. Тоссавайнен//Молочная промышленность. — 2008. — № 7. — С. 55–56.

43. Арсеньева, Т. П. Низколактозное сливочно-растительное мороженое [Текст]/Т. П. Арсеньева, А. А. Брусенцева, Е. Б. Петрунина//Молочная промышленность. — 2008. — № 7. — С. 57–58.
44. Перевалова, Ю. В. Кисломолочный низколактозный продукт [Текст]/Ю. В. Перевалова//Молочная промышленность. — 2008. — № 7. — С. 60.
45. Modler, H. W. Production of fluid milk with a high degree of lactose hydrolysis [Text]/H. W. Modler, A. Gelda, M. Yaguchi et. al.//Bulletin of the International Dairy Federation. — 1993. — N 289. — PP. 57–61.
46. Василисина, В. В. Исследование процесса гидролиза лактозы молочной сыворотки β-галактозидазой с целью разработки оптимальных технологических схем производства сгущенных концентратов [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Василисина Валентина Владимировна. — М.: Всесоюзный НИИ мясной промышленности, 1979.
47. Чеботарева, Н. Г. Технология гидролизованной лактофрагилином молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Чеботарева Наталья Георгиевна. — Л.: Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, 1982.
48. Смурыгин В. Ю. Разработка биотехнологии сиропа гидролизованной лактозы с применением иммобилизованной β-галактозидазы [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Смурыгин Виталий Юрьевич. — Углич: Всесоюзный НИИ маслоседел и сыроделия, 1989.
49. Козлов, С. Г. Исследование и разработка технологий сывороточных гелеобразных продуктов с использованием растительного сырья [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Козлов Сергей Геннадьевич. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 342 с.
50. Козлова, О. В. Разработка технологии низколактозного напитка [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Козлова Оксана Васильевна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 101 с.
51. Вардамян, А. Г. Разработка технологии концентратов гидролизованной лактозы на основе пермеата молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Вардамян Антон Грачикович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 123 с.
52. Вардамян, А. Г. Результаты исследований ферментативного гидролиза лактозы в пермеате подсырной сыворотки [Текст]/А. Г. Вардамян, А. Д. Лодыгин//Сборник научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие». — 2006. — № 2. — С. 34–37.
53. Лодыгин, А. Д. Технология концентратов молочной сыворотки с пониженным содержанием лактозы [Текст]/А. Г. Вардамян, А. Д. Лодыгин//Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 123.
54. Вардамян, А. Г. Криоскопический метод определения степени гидролиза лактозы [Текст]/А. Г. Вардамян, А. Г. Храмов, Н. М. Панова, А. Д. Лодыгин//Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 221.
55. Храмов, А. Г. Инновационные технологии низколактозных продуктов из молочного белково-углеводного сырья [Текст]/А. Г. Храмов, А. Д. Лодыгин, А. Г. Вардамян и др.//Материалы Всероссийской НПК «Трансформация научных исследований в производство — основа перехода молочной отрасли на инновационную модель развития». — Адлер: АПМП «Кубаньмолоко», 2008. — С. 71–73.
56. Храмов, А. Г. Технологические аспекты выработки низколактозного напитка из молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, А. Д. Лодыгин, Е. Ю. Пашина//Сборник научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие». — 2009. — № 5. — С. 31–34.
57. Хамагаева, И. С. Теоретическое обоснование и разработка технологии кисломолочных продуктов на основе использования β-галактозидазы и бифидобактерий: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Хамагаева Ирина Сергеевна. — Москва, 1989. — 34 с.
58. Диксон, М. Ферменты [Текст]/М. Диксон, Э. Уэбб. — М.: Мир, 1966. — 816 с.
59. Данилов, М. Б. Теоретические и практические основы производства пробиотических продуктов с использованием β-галактозидазы и эубиотиков [Текст]/М. Б. Данилов. — Улан-Удэ, 2003. — 130 с.
60. Лодыгин, А. Д. Теоретические предпосылки и технология получения производных лактозы — галактоолигосахаридов [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. В. Серов, А. Б. Рябцева//Вестник СевКавГТУ. — 2006. — № 3. — С. 78–82.

61. Родная, А. Б. Рациональные технологии переработки молочной сыворотки на концентраты галактоолигосахаридов [Текст]/А. Б. Родная, А. Д. Лодыгин//Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы Двенадцатой международной научно-практической конференции. — Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009. — С. 209–213.
62. Лодыгин, А. Д. Направленный синтез галактоолигосахаридов [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Б. Родная//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 51–52.
63. Грачева, И. М. Технология ферментных препаратов [Текст]/И. М. Грачева, А. Ю. Кривова. — М.: Эльвар, 2000. — 512 с.
64. Патент РФ № 2352138, МКИ С13 К 5/00, А23 С 21/00. Способ производства глюкозо-галактозного сиропа/А. Г. Храмов, А. Г. Варданян, А. Д. Лодыгин и др. Приор. 29.10.2007, опублик. 27.04.2009, бюл. № 12.
65. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Рябцева Светлана Андреевна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 362 с.
66. Конн, Г. О. Синдромы печеночной комы и лактулоза [Текст]/Г. О. Конн, М. М. Либертал. — М.: Медицина, 1983. — С. 339–377.
67. Применение нормазы в клинической практике [Текст]/Под ред. В. П. Яковлева//Материалы симпозиума 20.04.1990. — М., 1990. — 110 с.
68. Топалов, В. К. Методы определения углеводов при биосинтезе лактулозы [Текст]/В. К. Топалов, С. А. Рябцева, А. В. Ссров, А. Г. Храмов//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 41–43.
69. Храмов, А. Г. Биотрансформация лактозы в лактулозу [Текст]/А. Г. Храмов, С. А. Рябцева, В. К. Топалов//Сборник научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие». — 2007. — № 3. — С. 19–21.
70. Храмов, А. Г. Применение лазерных технологий в пищевой промышленности [Текст]/А. Г. Храмов, А. Ю. Зенин//Сборник научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие». — 2007. — № 3. — С. 21–23.
71. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе переработки молочной сыворотки мембранными методами. — Дисс. доктора техн. наук, Ярославль — Кемерово, 2007.
72. Гаврилов, Г. Б. Современные аспекты переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004. — 160 с.
73. Гаврилов, Г. Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — М.: Издательство Россельхозакадемии, 2006. — 134 с.
74. Патент РФ № 2135591, МКИ С13 К 5/00, А23 С 21/00. Способ производства сиропа лактулозы/А. Г. Храмов, С. А. Рябцева, И. А. Евдокимов и др. Приор. 06.07.1998, опублик. 27.08.1999, бюл. № 24.
75. Патент РФ № 2352138, МКИ С13 К 5/00, А23 С 21/00. Способ производства сухой молочной сыворотки/С. А. Рябцева, А. Г. Храмов, А. С. Бессонов и др. Приор. 06.02.2006, опублик. 20.01.2008, бюл. № 2.
76. Лодыгина, С. В. Разработка технологии лактулозы на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Лодыгина Светлана Валентиновна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 183 с.
77. Бессонов, А. С. Совершенствование технологии бифидогенных концентратов на основе лактозосодержащего сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Бессонов Артем Сергеевич. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 161 с.
78. Лодыгин, А. Д. Оптимизация параметров анионообменной обработки молочной сыворотки [Текст]/А. Д. Лодыгин, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др.//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — 2005. — № 1. — С. 31–36.
79. Лодыгина, С. В. Экспериментальное обоснование технологии пребиотических и синбиотических концентратов на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья [Текст]/С. В. Лодыгина, А. С. Бессонов, С. А. Рябцева и др.//Вестник СевКавГТУ. — 2007. — № 1. — С. 71–74.
80. Козлова, Н. В. Разработка технологии лактулозы из высококонцентрированных растворов лактозы [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Козлова Наталья Владимировна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 133 с.

81. Серов, А. В. Математическое моделирование и прогнозирование как основа создания высокотехнологичных процессов в молочной промышленности [Текст]/А. В. Серов, И. А. Евдокимов, Д. В. Харитонов, Н. В. Козлова//Вестник СевКавГТУ. — 2007. — № 2 (11). — С. 44–46.
82. Папова, Н. М. Разработка биотехнологии бифидоактивных кормовых добавок на основе молочного белково-углеводного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Папова Нина Михайловна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 143 с.
83. Патент РФ № 2165712, МКК С13 К 5/00, А23 С 21/00. Способ получения кормовой добавки/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др. Приор. 30.07.1999, опубл. 27.04.2001, бюл. № 12.
84. Еремина, М. В. Разработка технологии концентратов функционального назначения из молочного белково-углеводного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Еремина Марина Владимировна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2008. — 146 с.
85. Лодыгин, А. Д. Изучение влияния гидролизovaných белков молока на эффективность процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке [Текст]/А. Д. Лодыгин, Д. Н. Лодыгин, М. В. Еремина, О. В. Папова//Вестник СевКавГТУ. — 2005. — № 4. — С. 113–117.
86. Елен, П. Технологии сквашивания [Текст]/П. Елен, П. Голманн, Т. Кулбэз//Молочная промышленность. — 2005. — № 6. — С. 64–65.
87. Чагаровский, В. П. Влияние пребиотиков на жизнеспособность DVS-культур фирмы *CHR. HANSEN* [Текст]/В. П. Чагаровский, О. А. Полтавская//Молочная промышленность. — 2003. — № 6 (9). — С. 10–12.
88. Винаров, А. Ю. Использование консорциума бактериальных культур для их выращивания на молочной сыворотке [Текст]/А. Ю. Винаров, Т. Е. Сидоренко//Хранение и переработка сельхозсырья. — 1999. — № 1. — С. 16–17.
89. Оноприйко, А. В. Гидролиз лактозы в сырах [Текст]/А. В. Оноприйко, В. А. Оноприйко//Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 4. — С. 45–46.
90. Смирнова, И. А. Математическая модель микробиологических процессов при ферментации термостойких сыров [Текст]/И. А. Смирнова, А. М. Осипцев, В. И. Брагинский//Сыроделие и маслоделие. — 2005. — № 6. — С. 45–47.
91. Панфилов, В. И. Биотехнологическая конверсия углеводсодержащего растительного сырья для получения продуктов пищевого и кормового назначения [Текст]/дис... д-ра. техн. наук: 03.00.23/Панфилов Виктор Иванович. — М.: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2004. — 359 с.
92. Lee, Y. J. *Lactulose production by β -galactosidase in permeabilised cells of *Kluyveromyces fragilis** [Text]/Y. J. Lee, S. K. Kim, D. K. Oh//Applied Microbiology and Biotechnology. — 2004. — V. 64, N. 6. — P. 787–793.
93. Новаков, П. Б. Изучение утилизации углеводов дрожжами в концентрированных растворах, содержащих лактозу и лактулозу [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.07/Новаков Павел Борисович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 137 с.
94. Евдокимов, И. А. Изучение утилизации лактозы в аэробных условиях на модельных растворах молочного сахара сырья [Текст]/И. А. Евдокимов, П. Б. Новаков, С. А. Рябцева, Д. В. Харитонов//Сборник научных трудов СевКав ГТУ серия «Продовольствие». — 2006. — № 2. — С. 39–41.
95. Мячина, Д. О. Разработка технологии кисломолочного напитка с бифидогенными свойствами [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Мячина Дарья Олеговна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 142 с.
96. Крашенинни, П. Ф. Молочные продукты, обогащенные бифидогенными факторами, для лечебно-профилактического питания детей и взрослых/П. Ф. Крашенинни, В. Н. Сергеев, Э. Г. Щербак, К. С. Ладодо и др.//Обзорная информация. Сер. Молочная промышленность. — М.: АгроНИИТЭИМПП. 1995. С. 41.
97. Российская лактулоза//Сб. науч. тр. Под редакцией А. Г. Храмцова.-М.: Издательство МИИТ. 1999. С. 160.
98. Hoffmann K., Mossel D. A. A., Korus W., van de Camer J. *Untersuchungen über die Wirkungsweise der Lactulose. Klin Wochenschr.* 1964;42: 126–130.
99. Yaeshima, T. *Benefits of bifidobacteria to human health*/T. Yaeshima//Bulletin of the IDF 313, ch. 4.
100. Храмцов, А. Г. Исследование процесса распада лактулозы под действием микрофлоры закваски [Текст]/А. Г. Храмцов, С. А. Рябцева, Д. О. Мячина//Сборник научных трудов СевКав ГТУ серия «Продовольствие». — 2007. — № 3. — С. 38–40.

101. Копп, Г.О. Синдромы печеночной комы и лактулоза/Г.О. Копп, М.М. Либерталл// — М.: Медицина. 1983.
102. Гришина, А.С. Разработка технологии кисломолочных напитков с пребиотическими свойствами [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Гришина Анна Сергеевна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 141 с.
103. Лодыгин, А.Д. Кисломолочный напиток «Крсмола» [Текст]/А.Д. Лодыгин, И.А. Евдокимов, А.С. Гришина и др.//Молочная промышленность. — 2009. — № 3. — С. 71.
104. Гаврилов, Г.Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе переработки молочной сыворотки мембранными методами. — Дисс. доктора техн. наук, Ярославль — Кемерово, 2007.
105. Храмов, А.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дисс.... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмов Андрей Андреевич. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
106. Королева, Н.С. Санитарная микробиология молока и молочных продуктов [Текст]/Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина. — М.: Пищевая промышленность. — 1980. — 256 с.
107. Тутов, И.К. Основы биотехнологии ветеринарных препаратов. Учебное пособие [Текст]/И.К. Тутов, В.И. Ситков. — Ставрополь: СГСХА. — 1997. — С. 233–246.
108. Красникова, Л.В. Бифидобактерии и использование их в молочной промышленности [Текст]/Л.В. Красникова, И.В. Салахова, В.И. Шаробайко и др.//Обзорная информация. Сер. Молочная промышленность. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1991. — 32 с.
109. Меркулова, О.В. Влияние состава питательной среды на биохимическую активность закваски с бифидобактериями [Текст]/О.В. Меркулова, А.Д. Лодыгин//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — 2006. — № 2. — С. 54–57.
110. Рябцева, С.А. Изучение влияния основных технологических факторов на развитие бифидобактерий в молочной сыворотке [Текст]/С.А. Рябцева, Н.М. Панова//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — Ставрополь: СевКав ГТУ, 1999. — С. 18–22.
111. Рябцева, С.А. Культивирование бифидобактерий в электроактивированной подсырной сыворотке [Текст]/С.А. Рябцева, О.С. Егорова, Ю.А. Бодапико//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — 2006. — № 2. — С. 65–68.
112. Храмов, А.Г. Влияние сиропа лактулозы на рост бифидобактерий в молочной сыворотке [Текст]/А.Г. Храмов, Т.С. Воронникова, С.А. Рябцева//Современные достижения биотехнологии//Материалы первой научной конференции Северо-Кавказского региона. — Ставрополь: СевКавГТУ, 1995. — С. 52–53.
113. Храмов, А.Г. Изучение влияния способов раскисления на рост бифидобактерий в молочной сыворотке [Текст]/А.Г. Храмов, Н.М. Панова, С.А. Рябцева//Вестник СКО АТН РФ «Технология живых систем». Выпуск 1. — Ставрополь: СевКав ГТУ, 2001. — С. 17–19.
114. Банникова, Л.А. Микробиологические основы молочного производства [Текст]/Л.А. Банникова, Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина и др.//Справочник. — М.: Агропромиздат, 1987. — 400 с.
115. Балаболкин, И.И. Современная концепция патогенеза и принципы терапии аллергических заболеваний у детей [Текст]/И.И. Балаболкин//Педиатрия. — 2003. — № 4. — С. 52–57.
116. Специализированные продукты питания для детей с различной патологией. Каталог [Текст]/Под ред. К.С. Ладодо, Г.Ю. Сажинова. — М.: Минсельхозпрод РФ. — 2000. — 200 с.
117. Wal, J.M. Structure and function of milk allergens [Text]/J.M. Wal//Allergy. — 2001. — V.56, Suppl. 67. — P. 35–38.
118. Пыцкий, В.И. Аллергические заболевания [Текст]/В.И. Пыцкий, Н.В. Адрианова, А.В. Артомасова. — М.: «Триада-Х», 1999. — 470 с.
119. Sasaki, M. Intestinal brush border membrane enzyme activities of rats fed chemically defined diets containing oligopeptides or amino acids as the nitrogen source [Text]/M. Sasaki, T. Bamba, S.J. Hosoda//Clin. Biochem. Nutr. — 1989. — V.7, N.3. — P. 231–241.
120. Kelleher, S.L. Glycomacropeptide and alpha-lactalbumin supplementation of infant formula affects growth and nutritional status in infant rhesus monkeys [Text]/S.L. Kelleher, D. Chatterton, K. Nielsen, B. Lonnerdal//Am. J. Clin. Nutr. — 2003. — V. 77, N 5. — P. 1261–1268.
121. Телишевская, Л.Я. Белковые гидролизаты. Получение, состав, применение [Текст]/Л.Я. Телишевская. Под ред. Панина А.Н. — М.: «Аграрная наука». — 2000. — 295 с.

122. Капреляни, Е. И. Нетрадиционные ферментные продукты с пробиотическими свойствами [Текст]/Е. И. Капреляни, О. А. Нестренко//Хранение и переработка сельхоз сырья.— 2001.— № 10 — С. 54–55.
123. Ксеназ, М. В. Применение протеиназ для усвояемости пищевых белков [Текст]/М. В. Ксеназ//Известия вузов. Пищевая технология. — 2002. — № 1 — С. 52–55.
124. Донской, Н. С. Исследование кинетики ферментативного гидролиза сывороточных белков, подвергнутых электрофизической обработке [Текст]/Н. С. Донской, А. Г. Храпцов, А. Д. Лодыгин//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — 2009. — № 5. — С. 28–31.
125. Бабич, О. О. Исследование и разработка технологии молочного белкового эквивалента для специализированных продуктов питания [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Бабич Ольга Олеговна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 115 с.
126. Крашенинни, П. Ф. Технология детских и диетических молочных продуктов [Текст]/П. Ф. Крашенинни, Л. Н. Иванова, В. С. Медузов и др. — М.: Агропромиздат, 1988. — 232 с.
127. Круглик, В. И. Теоретическое обоснование и практическая реализация технологий гидролизатов молочных белков и специальных продуктов с их использованием [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Круглик Владимир Иванович. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. 2007. — 300 с.
128. Круглик, В. И. Исследование кинетики ферментативного гидролиза нативных молочных белков [Текст]/В. И. Круглик//Сыроделие и маслоделие. — 2007. — № 5. — С. 35–36.
129. Просеков, А. Ю. Особенности получения смеси аминокислот из белков молочной сыворотки [Текст]/А. Ю. Просеков, О. О. Бабич//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН, 2008. — С. 161–165.
130. Голубцова, Ю. В. Исследование и разработка технологии полуфабриката с пониженным содержанием фенилаланина [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Голубцова Юлия Владимировна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 105 с.
131. Фролов, С. В. Исследование особенностей биотрансформации сывороточных белков в связи с использованием в технологии продуктов специального назначения [Текст]/С. В. Фролов, С. А. Равношкин//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН, 2008. — С. 77–81.
132. Ельчанинов, В. В. Выбор компонентов фермент-субстратной смеси для получения белковых гидролизатов в связи с созданием продуктов питания для больных фенилкетонурией. 1. Анализ аминокислотных последовательностей казеинов коровьего молока [Текст]/В. В. Ельчанинов, А. Н. Белов, А. Д. Коваль//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН, 2008. — С. 187–199.
133. Ельчанинов, В. В. Выбор компонентов фермент-субстратной смеси для получения белковых гидролизатов в связи с созданием продуктов питания для больных фенилкетонурией. 1. Анализ аминокислотных последовательностей сывороточных белков коровьего молока [Текст]/В. В. Ельчанинов, А. Н. Белов, А. Д. Коваль//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН, 2008. — С. 200–209.
134. Тепел, А. Химия и физика молока [Текст]/А. Тепел. Пер. с нем. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 623 с.
135. He, T. *The role of colonic metabolism in lactose intolerance* [Text]/T. He, K. Venema, M. G. Priebe et. al.// *European journal of clinical investigation*. — 2008. — Vol. 38. — P. 541–547.
136. Gänzle, M. G. *Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives* [Text]/M. G. Gänzle, G. Haase, P. Jelen//*International dairy journal*. — 2008. — N 18. — P. 685–694.
137. Korhonen, H. *Antibacterial and antiviral activities of whey proteins* [Text]/H. Korhonen//*Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 303–321.*
138. Крючкова, В. В. Разработка технологии функциональных кисломолочных напитков с применением комплексного пребиотика [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Крючкова Вера Васильевна. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2004. — 183 с.

139. Бурыкина, И. М. Биологически активные продукты «Биотек» на основе молочной сыворотки [Текст]/И. М. Бурыкина, О. В. Эрнезакс, А. С. Некрасов//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2009. — С. 84–85.
140. Крупин, А. В. Теоретическое обоснование и практическая реализация технологий гармонизирующих ингредиентов и напитков на основе молочного сырья [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Крупин Алексей Владимирович. — Улан-Уде, Восточно-Сибирский государственный технологический университет, 2010. — 323 с.
141. Рябцева, С. А. Влияние лактулозы на заквасочную микрофлору [Текст]/С. А. Рябцева, М. А. Брацихина. Молочная промышленность, № 4, 2010. — С. 56.
142. Харитонов, В. Д. Какой продукт следует называть кефиром [Текст]/В. Д. Харитонов, И. В. Рожкова, В. Ф. Семенихина и др. Молочная промышленность, № 4, 2010. — С. 57–59.

Глава 14

Научно-технические основы биомембранной обработки молочной сыворотки

14.1. Общие положения

Научно-технические основы биомембранной технологии (обработки) молочной сыворотки рассматриваются на примере бесказеиновой фазы (БФ или БКФ) – синонимы: сывороточно-полисахаридная фракция или фаза (СПФ), по результатам исследований школы моего уважаемого коллеги по Россельхозакадемии, профессора В.В. Молочникова с использованием материалов докторской диссертации А.А. Храмцова [1], как светлая память о сыне (1959–2000 гг.), безвременно ушедшем из жизни в результате трагической случайности – автоаварии. Видимо, необходимо отметить, что докторская диссертация А.А. Храмцова была рекомендована Государственным высшим аттестационным комитетом Российской Федерации (Бюллетень ВАК, № 3, 2000) к публикации, как высшая форма оценки уровня научных исследований школы проф. В.В. Молочникова. Кроме того, по нашему мнению, сущность биомембранной обработки молочной сыворотки можно иллюстрировать исследованиями А.В. Серова по применению пектина [2] в технологии молочного сахара и широким кругом работ нашего творческого коллектива по хитозану (И.А. Евдокимов, Л.Р. Алиева и др.) [3, 4], другими исследованиями отечественных и зарубежных ученых в области направленного и управляемого воздействия на молочную сыворотку, а также ее компоненты биоэнергетическим полем (веществом). При этом возможно получение не только функциональных продуктов, но и реализация выдающегося предвидения «функционального времени» нашего соотечественника Тотраза Лолаева (см. АИФ СК, № 42 (838), 2009), например, растворяя или кристаллизуя лактозу.

Содержательная часть термина «биомембранная технология (обработка)» применительно к промышленной переработке сельскохозяйственного сырья сформулирована и разработана академиком В.Н. Голубевым [5, 6]. Следует заметить, что идея реализации биомембранной технологии в молочном деле принадлежит академику Н.Н. Липатову [7]. Применительно к молочной сыворотке, как бесказеиновой фазе (БФ или БКФ), термин биомембранная технология (обработка) использован по причине наличия двух структурных признаков [1].

Первый — использование эффекта (явления) ограниченной термодинамической совместимости биополимеров, межфазная поверхность взаимодействия которых может быть рассмотрена как «жидкая мембрана».

Второй — использование биополимеров как функциональных агентов, в том числе при баро-электромембранной и биотехнологической обработке.

14.2. Биомембранная обработка бесказеиновой фазы

14.2.1. Теоретические основы биомембранной обработки

Применительно к обозначенной тематике представляет интерес новая технология молочных продуктов «Био-Тон», основанная на фракционировании молочного сырья полисахаридами на примере пектина с получением концентрата натурального казеина (КНК) и бесказеиновой фазы (БФ) [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Практически бесказеиновая фаза (БФ) — это молочная сыворотка с пектином — сывороточно-полисахаридная фракция или фаза (СПФ). Из нее путем технологической обработки получают молочный полисахаридный концентрат (МПК), который может использоваться в качестве самостоятельного продукта или пищевой добавки с целым набором функциональных свойств. Уникальный растворимый комплекс молочных компонентов и полисахарида в бесказеиновой фазе обуславливает ее высокие функциональные свойства и принципиально меняет подход к использованию вторичного молочного сырья.

В основе формирования концепции МПК были использованы элементы биомембранной технологии — управляемое воздействие на систему «молочное сырье — полисахарид» с последующим молекулярно-ситовым разделением мембранными методами и введением полифункциональных компонентов.

Структурная схема взаимодействия биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата с внешней средой по системе «черный ящик» разработана [1] в соответствии с методологией системного анализа и принята в качестве основы для исследований (рис. 14.1).

Из представленного рис. 14.1 совершенно ясны все взаимосвязи БМТ с внешней средой (для менеджмента) и четко формулируется проблематика — раскрытие сути предлагаемой технологии (технические решения).

Гипотетическая модель одного из возможных вариантов взаимодействия жидкой мембраны с основными структурными элементами системы молочного сырья представлена на рис. 14.2.

На рис. 14.2 можно выделить основные кластеры молочного сырья, которые целенаправленно взаимодействуют с фрагментами жидкой мембраны — полисахаридами.

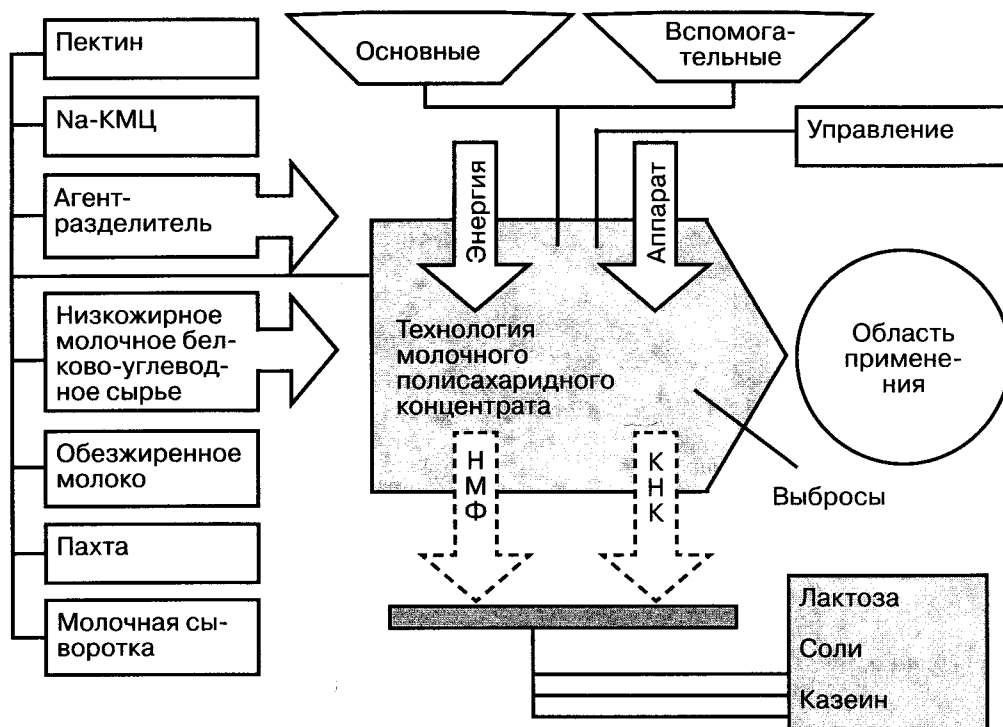


Рис. 14.1. Схема взаимодействия технологии молочного полисахаридного концентрата с внешней средой

Физико-химическая модель формирования бесказеиновой фазы, как биотехнологической системы, достаточно хорошо иллюстрируется процессом образования ассоциатов мицелл казеина первого уровня (рис. 14.3).

При этом важно обратить внимание на тот факт, что переход пектина в бесказеиновую фазу смоделирован и подтвержден на практике. Именно эта модель может логистически объяснить физико-химическую сущность безмембранного обратного осмоса кластеров молочного сырья на наноуровне.

Сравнительный химический состав бесказеиновой фазы и молочной сыворотки по данным [14, 19] приведен в табл. 14.1. Отличительной особенностью бесказеиновой фазы, что подчеркивает ее оригинальность и ценность, является наличие полисахарида (пектин 0,7%).

Таблица 14.1. Сравнительный состав молочного сырья

Показатели	Вид сырья	
	Молочная сыворотка	Бесказеиновая фаза
Массовая доля сухих веществ, %	6,3	6,5
в т. ч. белка	0,8	0,8
лактозы	4,8	4,55
минеральных солей	0,5	0,45
полисахаридов	—	0,7

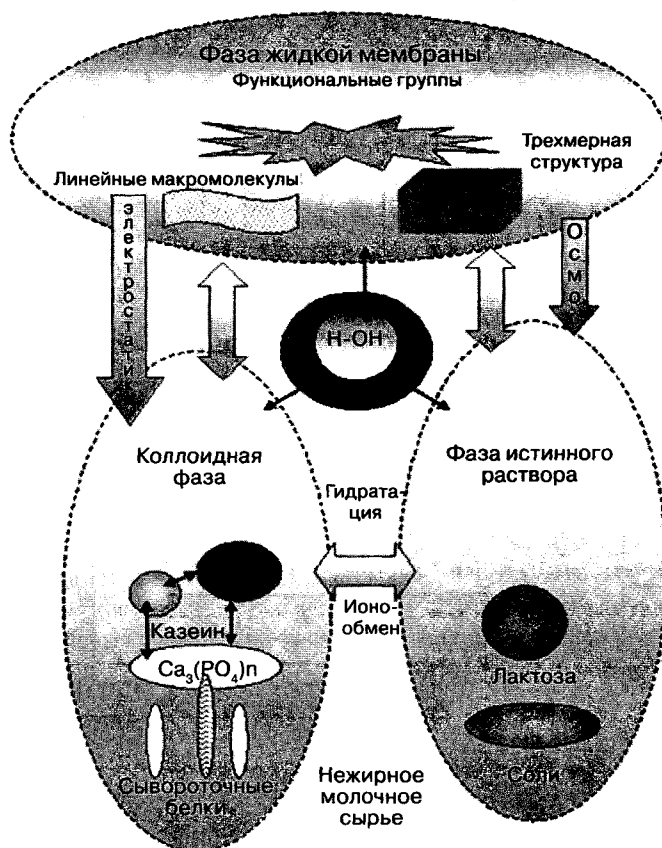


Рис. 14.2. Гипотетическая модель взаимодействия жидкой мембраны с основными компонентами молочного сыра (биомембранная технология)

Некоторые функциональные показатели молочной сыворотки и бесказеиновой фазы по данным [104,173] приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2. Функциональные свойства молочного сыра

Функциональный признак	Продукт	
	Молочная сыворотка	Бесказеиновая фаза
Кратность пены, %	176	218
Стойкость пены, ч.	6,4	46,5
Поверхностное натяжение, мН/м	45,6	48,2
Динамическая вязкость, мПа · с	1,6	2,3

Обращает на себя внимание заметное отличие некоторых функциональных свойств, например, стойкости пены между бесказеиновой фазой и другими видами молочного сыра. Все это позволило разработчикам обосновать специфику данной технологии, как безотход-

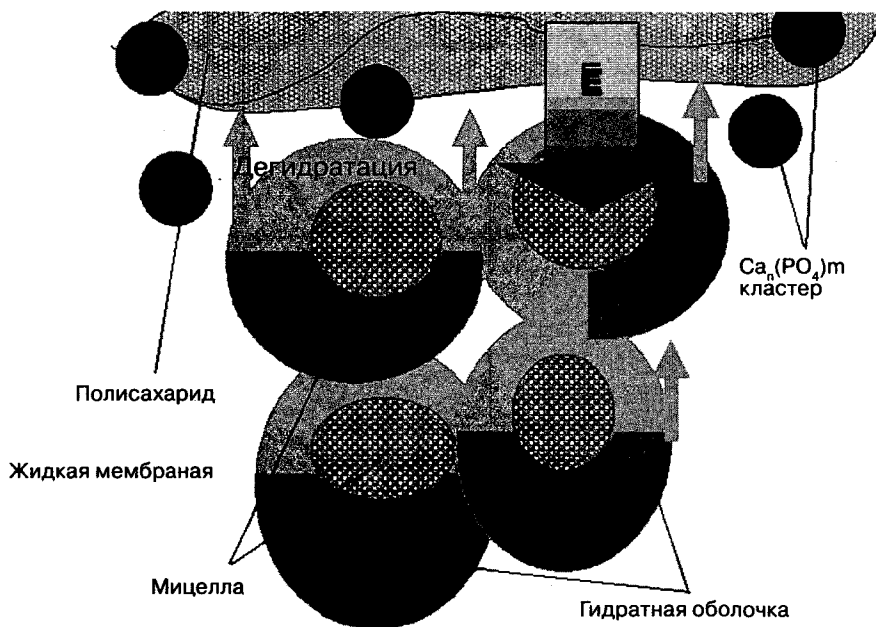


Рис. 14.3. Физико-химическая модель процесса образования ассоциатов мицелл казеина первого уровня

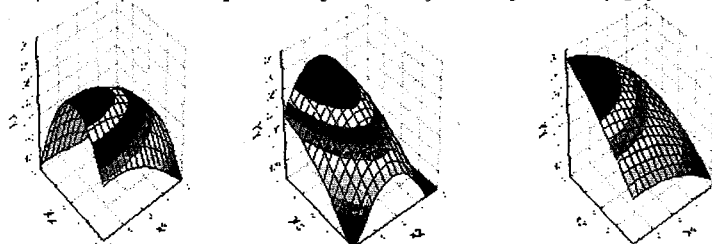
ное производство. В то же время основные закономерности процессов обработки бесказеиновой фазы вполне обоснованно можно распространить на молочную сыворотку.

Бесказеиновая фаза как объект исследований является гетерогенной многокомпонентной системой. Моделирование может служить отправной точкой прогнозирования функционального поведения сложных биополимерсодержащих систем такого типа.

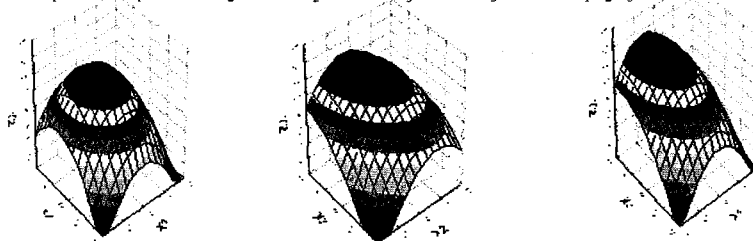
Одной из фундаментальных в области создания многокомпонентных пищевых систем, с точки зрения проектирования их биологической ценности и структуры, является работа Н. Н. Липатова (мл.) [21]. Методологический и системный подход, предложенный Н. Н. Липатовым, был использован и развит в работах В. Н. Сергеева [22], А. Б. Лисицына [23] и др. [24, 25]. В работе [26] сформулирована методология проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов третьего поколения.

С целью проектирования модельных систем молочного полисахаридного концентрата установлены основные функциональные показатели компонентов бесказеиновой фазы, их взаимосвязь и критериальные оценки качества продуктов. Формирование модельных систем осуществлялось в соответствии с компонентным составом БФ, ее концентратов и функциональных аналогов [27]. Для построения моделей оценки качества продуктов использовалась функция желательности D , предложенная Харрингтоном. В качестве регулируемых приняты следующие показатели: относительное содержание казеина (Z_1); кальция (Z_2); углеводов (Z_3). Наблюдаемыми факторами являлись: кратность пены (Y_1), прочность геля (Y_2), эмульгирующая емкость (Y_3). Формирование модельных систем осуществлялось в соответствии с компонентным составом БФ, ее концентратов и функциональных аналогов. Результаты статистической обработки экспериментальных данных и полученные уравнения приведены на рис. 14.4 в виде функций отклика — три уровня, 9 экспозиций, что позволяет определить оптимальную область химического состава для каждого вида МПК.

$$Y_1 = 234,69 - 15,21X_1 - 4,77X_1^2 - 13,21X_2 - 18,91X_2^2 + 15,53X_3 - 3,53X_3^2 + 2,52X_1X_2X_3$$



$$Y_2 = 11,18 - 0,63X_1 - 1,03X_1^2 - 0,33X_2 - 0,72X_2^2 + 0,83X_3 - 0,36X_3^2 + 0,25X_1X_2X_3$$



$$Y_3 = 25,38 - 0,17X_1 - 1,98X_1^2 + 0,27X_2 - 0,76X_2^2 + 0,57X_3 - 2,67X_3^2 + 0,98X_1X_2 + 1,25X_1X_3$$

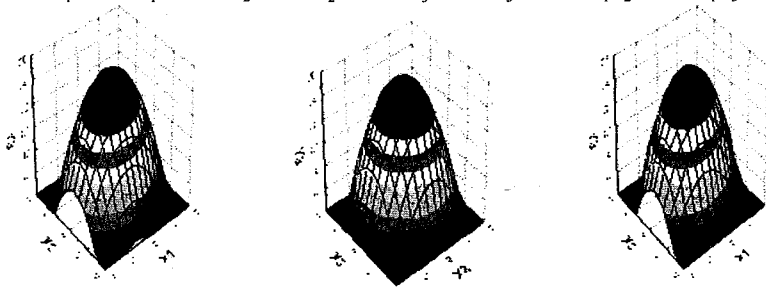


Рис. 14.4. Функциональное поведение модельных систем

Значения кинетических коэффициентов в экстремальных точках представлены в табл. 14.3.

Таблица 14.3. Значения кинетических коэффициентов структуры модельных систем

Вид продукта	K_1 (пена)	K_2 (гель)	K_3 (эмульсия)
Бесказеиновая фаза	-0,164	4,58	-0,08
Модельная система	-0,128	3,09	-0,06

Результаты оптимизации уравнений регрессии приведены в табл. 14.4.

Таблица 14.4. Оптимальный химический состав модельных систем

Структура	Z_1	Z_2	Z_3
Пена	-0,25	-0,47	1,22
Гель	-0,48	0,35	1,15
Эмульсия	-0,12	0,11	0,08

Факторы устойчивости бесказеиновой фазы, как биополимерсодержащего раствора, рассмотрены с позиций теории ДЛФО названа по первым буквам фамилий авторов (Б. В. Дерягина, Л. Д. Ландау, Е. Фервей, Дж. Овербека) [28].

Согласно теории ДЛФО, устойчивость и взаимодействие коллоидных растворов зависит от соотношения молекулярных сил притяжения и электростатических сил отталкивания между коллоидными частицами. Это положение хорошо иллюстрируется графически (рис. 14.5).

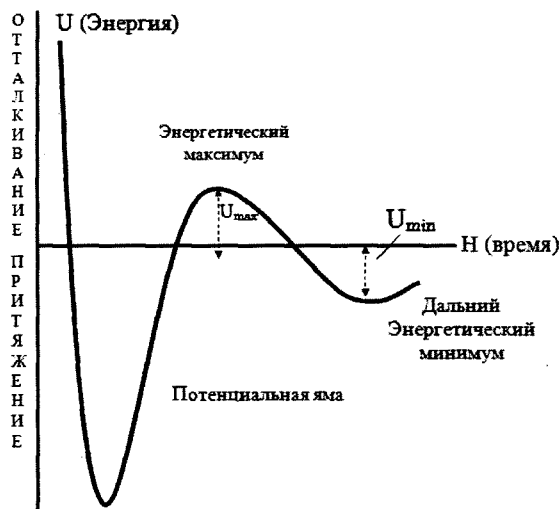


Рис. 14.5. Типовая кривая энергии взаимодействия двух частиц (теория устойчивости ДЛФО)

Взаимодействие белков и полисахаридов уже давно стало предметом изучения [29, 30, 31, 32]. Механизм, лежащий в основе фракционирования, в настоящее время до конца не изучен. В то же время объект — бесказеиновая фаза, полученная биомембранным воздействием на молочное сырье пектином (т.н. безмембранный обратный осмос) реально существует и был подвергнут направленной технологической обработке баромембранными методами: ультрафильтрацией и электродиализом.

14.2.2. Разделение компонентов бесказеиновой фазы ультрафильтрацией

Изучена возможность регулирования углеводного и белково-углеводного состава БФ методом ультрафильтрации (УФ). Кинетические показатели процесса ультрафильтрации приведены в табл. 14.5.

Таблица 14.5. Кинетика ультрафильтрационной обработки молочного сырья

Вид сырья	Время обработки, ч/объем фильтрата, дм ³						
	0	1	2	3	4	5	6
Бесказеиновая фаза	0	0,50	0,95	1,42	1,65	1,96	2,12
Обезжиренное молоко	0	0,64	1,21	1,72	2,15	2,48	2,64
Молочная сыворотка	0	0,72	1,45	2,04	2,55	2,89	3,10

На первом этапе скорость процесса УФ БФ и традиционного нежирного молочного сыра имеет один порядок, при увеличении фактора концентрирования существенно снижается. Химический состав БФ, концентрата и фильтрата приведены в табл. 14.6.

Таблица 14.6. Химический состав бесказеиновой фазы, обработанной ультрафильтрацией

Вид сыра	Массовая доля, %				
	Белка	Лактозы	Золы	Пектина	Сухих веществ
БФ	0,71±0,10	4,65±0,24	0,52±0,05	0,65±0,05	6,58±0,31
Концентрат	1,88±0,15	5,96±0,25	0,75±0,06	2,10±0,2	10,80±0,40
Фильтрат	0,21±0,03	4,08±0,2	0,42±0,04	—	4,67±0,23

Приведенные данные свидетельствуют о принципиальной возможности концентрирования высокомолекулярных компонентов БФ ультрафильтрацией. Состав фильтрата БФ аналогичен показателям фильтратов традиционного молочного сыра. Новизна способа подтверждена патентом [33].

14.2.3. Деминерализация бесказеиновой фазы электродиализом

Следует обратить внимание, что деминерализация бесказеиновой фазы электродиализом системно была рассмотрена А. А. Храмцовым совместно с Н. Я. Дыкало под руководством чл.-корр. Россельхозакадемии В. В. Молочникова [27]. Данные перехода основных макроэлементов (как и других основных соединений) из исходного молока-сыра в БФ приведены на рис. 14.6.

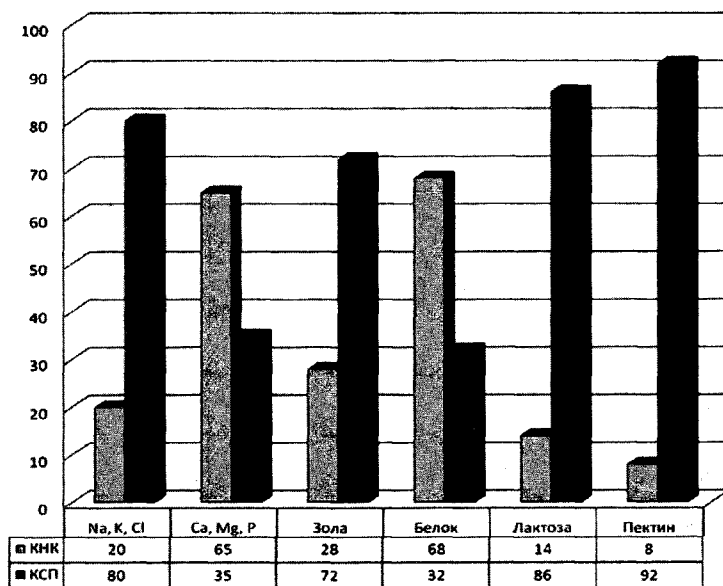


Рис. 14.6. Распределение основных компонентов молочного сыра при фракционировании с использованием жидкой мембраны (в %)

Из анализа рисунка следует, что одновалентные ионы (Na^+ , K^+ , Cl^-) переходят в БФ в большей степени, чем многовалентные (Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^{3-}). По химическому составу БФ близка к подсырной сыворотке. Экспериментально установлены основные кинетические зависимости при электродиализе БФ (табл. 14.7).

Таблица 14.7. Физико-химические показатели БФ в процессе деминерализации

Время обработки, с	Сила тока, А	Электропроводность, Ом/м	Зола, %	Кальций, мг %	pH	Титруемая кислотность, °Т
0	3	0,50	0,51	50,0	6,40	14
1200	3,1	0,44	0,47	44,2	6,41	13
2400	3,1	0,41	0,42	42,0	6,42	12
4800	2,5	0,35	0,36	38,6	6,37	10
7200	2,25	0,27	0,31	29,0	6,24	13
12 000	1,95	0,22	0,27	11,4	6,02	14
18 000	1,6	0,095	0,12	6,6	4,80	15

Титруемая кислотность БФ на первом этапе обработки несколько снижается за счет удаления части органических кислот, при этом значение активной кислотности остается на постоянном уровне.

При более глубокой обработке за счет удаления компонентов буферной системы БФ и проявления кислого характера функциональных групп полисахарида, а также преимущественного удаления ионов OH^- , величина pH снижается. Зависимость значений зольности, удельной электропроводности, силы тока от времени обработки носит монотонный характер. Результаты исследований функционального поведения БФ в процессе ЭД-обработки представлены на рис. 14.7.

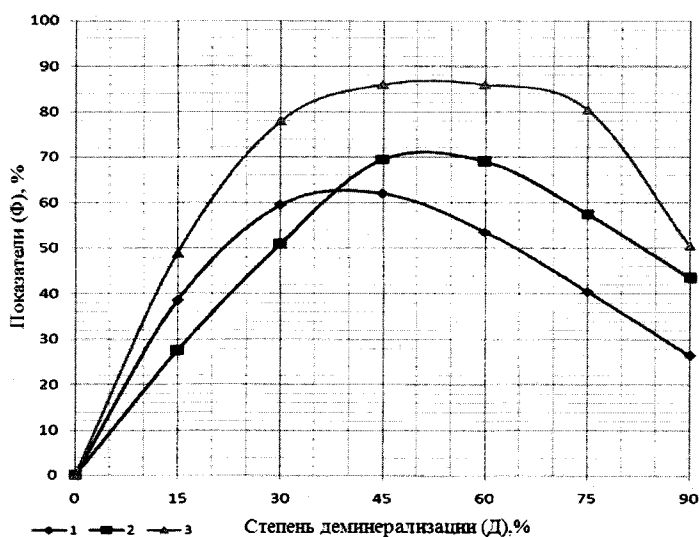


Рис. 14.7. Функциональное поведение БФ при электродиализной обработке: 1 — пенa, 2 — гель, 3 — эмульсия

Снижение зольности бесказеиновой фазы в процессе электродиализной обработки обеспечивает возможность дополнительного внесения в нее кальция из расчета 1–100 г CaCl_2 на 100 кг КСП, что позволяет более эффективно регулировать функциональные свойства. Предлагаемый способ [34] существенно повышает структурирующие свойства пищевых концентратов. Производство на этой основе структурированных продуктов позволяет в значительной мере сократить расход сахара и реагентов, интенсифицировать биотехнологические процессы и улучшить органолептические показатели готовых изделий за счет снижения интенсивности соленого вкуса.

В результате проведенного комплекса исследований минерализата получены образцы концентрата солей бесказеиновой фазы с массовой долей сухих веществ (2,5–4) %. Раствор содержит (%): натрия 0,35–0,5, калия 0,6–0,9, магния 0,05–0,09, кальция 0,25–0,4, азотистых соединений 0,012–0,028. После фильтрации раствор может использоваться [35] в качестве основы безалкогольных напитков специального назначения для людей, работающих в условиях с повышенной температурой воздуха или сопряженных со значительными физическими усилиями. Получаемый раствор минеральных солей также может быть использован в качестве добавки при производстве пищевой соли, компонента солей-плавителей, биологически активной добавки [36]. Изучена возможность использования раствора солей, получаемых при деминерализации, в качестве основы для приготовления моющих средств путем комплексного использования компонентов молочного сырья, чтобы уменьшить объем дорогостоящих и экологически вредных моющих средств, снизить нагрузку на окружающую среду [37].

В целом, анализ результатов проведенных исследований процесса электродиализной обработки БФ позволил сделать следующие выводы. Основные кинетические показатели процесса обеспечивают целенаправленное регулирование ее минерального состава, в частности соотношение Са/зола, активную и титруемую кислотность, что реализовано в биомембранной технологии МПК (раздел 111, глава 16).

14.3. Биотрансформация сывороточных белков полисахаридами

Практический интерес представляет комплексообразование «сывороточные белки — полисахарид». По сути это микропартикуляция на принципиально новом уровне познания — БиоОника. Определяющим параметром при этом является показатель ионной силы низкожирного молочного белково-углеводного сырья, который существенно меняется в процессе деминерализации.

Исследован [1] процесс комплексообразования в системе «деминерализованная БФ — высокоэтерифицированный пектин». Комплексообразование оценивали по изменению величины оптической плотности раствора в диапазоне длины волны $\lambda = 580$ нм. На рис. 14.8 приведена зависимость оптической плотности БФ от уровня деминерализации.

При достижении уровня деминерализации 65–85% происходит резкое увеличение оптической плотности. Это связано с образованием комплекса белки–пектин. Образцы БФ, подвергнутые глубокой деминерализации центрифугированы при 3000 г в течение 900 с. Надосадочная жидкость не опалесцела и не давала реакции с трихлоруксусной кислотой, что свидетельствовало о высокой степени выделения макрокомпонентов из раствора. В ряде работ эти положения развиты и показано, что глубоко деминерализованные системы «молочное сырье — полисахарид» могут использоваться при разработке технологии белково-полисахаридного концентрата и молочного сахара [2, 38].

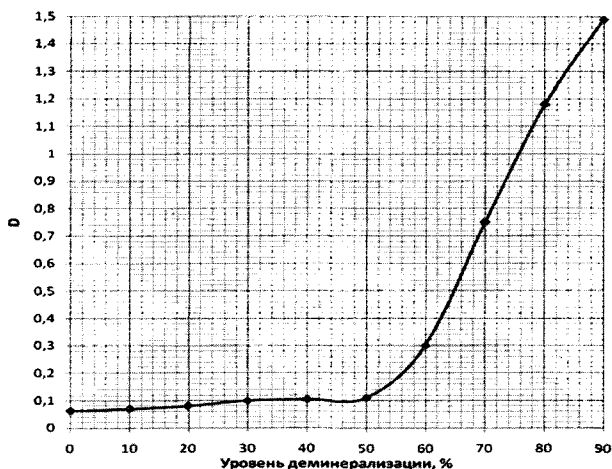


Рис. 14.8. Зависимость оптической плотности D бесказеиновой фазы от уровня ее деминерализации

Теоретические основы взаимодействия противоположно заряженных лиофобных коллоидов рассмотрены с точки зрения теории коллоидной химии и ДЛФО [28]. Белки и полисахариды относятся к веществам макромолекулярной, а в большинстве случаев и полиэлектролитной природы. Белки являются полиамфолитами, а кислые полисахариды — поликислотами. Вследствие полифункциональной природы белки и полисахариды могут взаимодействовать с образованием различных типов связей.

Существует область активности ионов водорода, в которой макромолекулы белков и полисахаридов несут разноименные заряды. В этой области при определенных условиях может иметь место электростатическое взаимодействие между макрокатионом белка и макроанионом полисахарида, которое приводит к образованию комплексов [28, 39, 40]. Белковые вещества БФ гетерогенны и фракции различаются по составу и свойствам, что следует учитывать при выборе способов их выделения. Молекулярные массы сывороточных белков варьируют в пределах от 4 до 90 кДа. Изоэлектрические точки белков варьируют от pH 3,7 для протезо-озо-пептонов до pH 8,3 для иммуноглобулинов. Значительное различие в свойствах белков обуславливает трудности при их выделении.

В БФ содержится до 1 % белков и 0,65 % пектина или 0,33 % Na-КМЦ. На первой стадии обработки молочного сырья полисахаридами макромолекулы биополимеров заряжены одноименно, несут суммарный отрицательный заряд. При этом происходит нейтрализация двойного электрического слоя (ДЭС) и изменение суммарного заряда белковых молекул на противоположный и прилипание [41]. Это обуславливает необходимость регулирования в обрабатываемом растворе активности ионов водорода, как коагулянта. Одновременно происходит явление комплексной коацервации разноименно заряженных биополимеров, которое зависит от активности отдельных ионов, природы и соотношения концентраций белок: полисахарид.

Б. В. Дерягин [28, 41] получил для слабо заряженных поверхностей приближенный критерий устойчивости гетеродисперсий с разноименно заряженными поверхностями и отметил, что в этом случае коагуляция частиц наступает при уменьшении ионной силы раствора. Это является теоретическим обоснованием необходимости деминерализации молочного сырья при комплексообразовании биополимеров различной природы.

В общем случае соотношение концентраций биополимеров задано технологическими требованиями 1-го этапа биомембранной обработки. Исследовано влияние [1] активности ионов H^+ (X) и степени деминерализации (Y) на степень выделения белковой части БФ (Z) для модельных систем «сывороточные белки — ионная фаза» на основе лиофилизированного УФ-концентрата сывороточных белков (УФ-КСБ). В пробы УФ-КСБ вносили полисахарид (пектин 0,65 % или Na-КМЦ 0,33 %) и раствор, имитирующий минеральный состав молочного сырья при различных уровнях его деминерализации. Пробы тщательно перемешивали, выдерживали и центрифугировали при 5000 g в течение 6000 с. Статистическая обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения соответственно для пектина и Na-КМЦ:

$$Z_1 = -318,17 + 294,08X + 0,07Y - 54,83X^2 + 0,074XY \quad (14.1)$$

$$Z_2 = -139,22 + 108,79X + 0,49Y - 17,24X^2 - 0,142XY + 0,007Y^2 \quad (14.2)$$

Графическая интерпретация результатов исследований (поверхности отклика выходного параметра и их сечения) представлены на рис. 14.9.

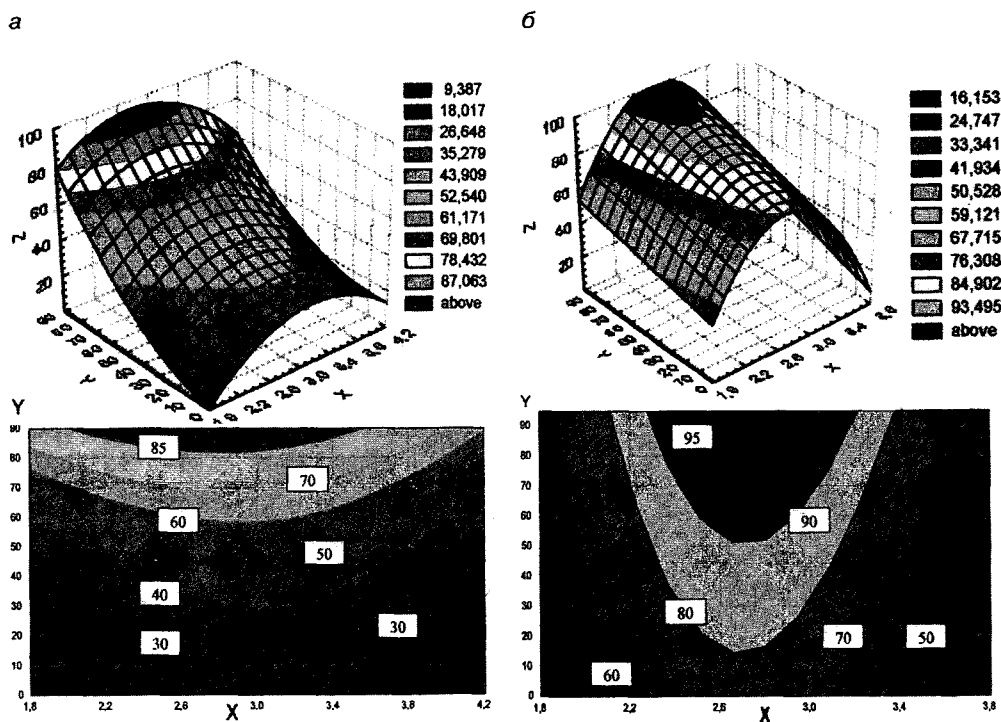


Рис. 14.9. Зависимость степени выделения сывороточных белков: а — пектином (Z_1 , %) от pH (X) и степени деминерализации (Y , %); б — Na-КМЦ (Z_2 , %) от pH (X) и степени деминерализации (Y , %)

Оптимизация полученных выражений позволила получить координаты оптимальных точек при уровне $Y \geq 85\%$ в натуральных значениях (табл. 14.8).

Таблица 14.8. Результаты оптимизации уравнений 14.1 и 14.2

Наименование	Значение X, pH	Значение Y, %
Координаты оптимальной области для пектина	3,2±0,07	78±6
Координаты оптимальной области для Na-КМЦ	2,9±0,04	65±5

Из приведенных данных следует, что при удалении 60–85 % минеральных компонентов можно выделить до 90 % протеинов БФ. Без деминерализации выход белков снижается, а область оптимальных значений pH ограничивается, что снижает надежность и стабильность технологического процесса. Следует отметить, что на процесс комплексообразования сывороточных белков с полисахаридами оказывают влияние факторы, связанные с составом и свойствами различных партий молочного сырья и полисахарида.

В результате проведенных исследований получен белково-полисахаридный концентрат на основе пектина (БПК) и целлюлозы (БЦК), а также лактозно-ионный раствор (ЛИР), химический состав которых приведен в табл. 14.9.

Таблица 14.9. Химический состав белково-полисахаридных концентратов и лактозного раствора

Показатели, %	БЦК	БПК	ЛИР
Массовая доля СВ	15±2,5	17±2,5	5,2±0,35
Белков	11±1,5	8,1±1,5	0,18±0,06
Лактозы	3,1±0,4	4,3±0,4	4,4±0,3
Минеральных веществ	0,45±0,25	0,4±0,2	0,5±0,08
Полисахарида	2,2±0,15	5,6±0,6	0,05±0,01

Для определения фракционного состава белков молочного сырья при найденных оптимальных условиях проведен вертикальный гель-электрофорез, которому подвергали исходное сырье (БФ), полученный БПК и равновесную жидкость (рис. 14.10).

В белково-полисахаридном концентрате представлены в концентрированном виде все фракции сывороточных белков исходной БФ, кроме иммуноглобулинов. В состав ионно-углеводной фазы входит главным образом лактоза, что определяет область ее применения при получении пищевой лактозы и напитков [38].

С показателем растворимости коррелирует большинство функциональных характеристик белково-полисахаридных концентратов [42]. Растворимость изучена в интервале pH 3,0–10,0. Результаты исследований приведены в табл. 14. 10

Таблица 14.10. Зависимость растворимости белково-полисахаридных концентратов от pH

pH	3,0	4,1	5,2	6,0	7,1	8,2	9,1	10,0
Растворимость, %	5	72	86	94	92	93	96	98

Из приведенных данных следует, что при pH > 5 концентрат практически полностью растворим, что может быть использовано при разработке технологии МПК на этой основе. Детальный анализ состава белково-полисахаридных концентратов при использовании различных агентов-осадителей и область его применения рассмотрены в разделах III и IV (главы 16 и 19).

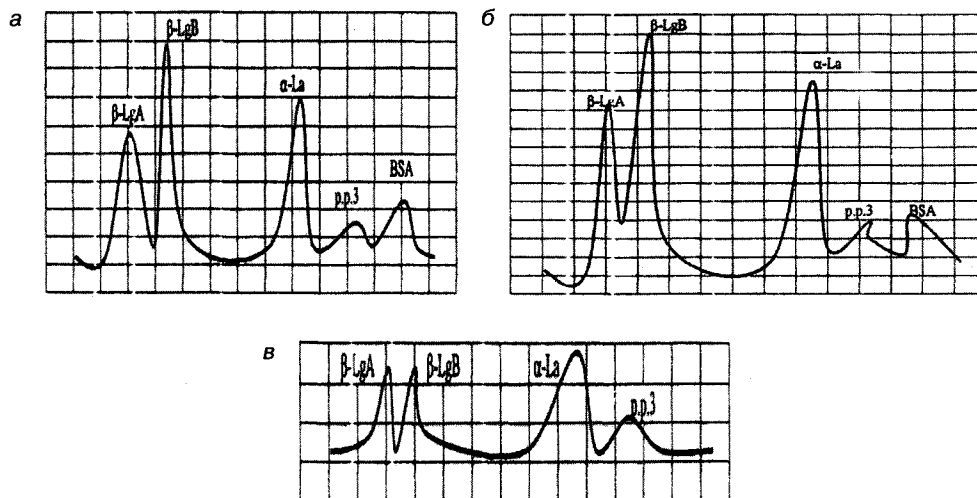


Рис. 14.10. Фракционный состав белков: а — бесказеиновой фазы, б — белково-полисахаридной фазы, в — ионно-полисахаридной фазы

В плане реализации результатов исследований следует указать на принципиальную возможность переработки традиционного молочного сырья в частности, молочной сыворотки, с применением биополимеров. Полученные результаты использованы при разработке безотходной технологии переработки молочного сырья с разработкой рецептур продуктов функционального питания и молочного сахара [21]. По-видимому, есть все основания рассматривать данный процесс как микропартикуляцию или ее этап для формирования гранул сывороточных белков, обогащенных полисахаридами. Тема ждет своего исследователя.

Дальнейшие многолетние исследования творческого коллектива проф. В. В. Молочникова, в т. ч. в СтавГАУ (ректор, академик В. И. Трухачев) подтвердили полученные в работе [1] результаты и нашли воплощение в оригинальной технологии молочных продуктов бренда «Био-Тон» с элементами бессточного производства [43, 44, 45].

14. 4. Резюме по главе 14

Рассматривая научно-технические основы биомембранной технологии (БМТ), в плане ее практической реализации, логично предложить координацию усилий на российском или международном уровне по созданию техники и продуктов нового поколения. Особый интерес представляет развитие данной технологии на наноуровне — нанобиомембранная технология, как единое целое процессов и аппаратов по «разборке и сборке» компонентов молочной сыворотки. Совершенно очевидно, что это продукты функционального питания, БАД и ПД, а так же мед- и ветпрепараты. Именно здесь возможен прорыв нашей отрасли в высокие (инновационные, критические) технологии.

14.5. Литература к главе 14

1. Храмцов А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дисс.... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмцов Андрей Андреевич. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
2. Серов А. В. Концентрирование белков молочной сыворотки полисахаридами [Текст]/Автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.18.04/Серов Александр Владимирович. — Ленинград: ЛТИХП, 1985. — 16 с.
3. Материалы Девятой Международной конференция «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана». — М.: Изд-во ВНИРО, 2008. — 294 с.
4. Алиева, Л. Р. Разработка технологии папштов из молочной сыворотки с применением хитозана [Текст]/Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Алиева Людмила Руслановна. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. — 24 с.
5. Голубев, В. Н. Биомембранные технологии в схемах комплексной переработки отходов пищевой промышленности [Текст]/В. Н. Голубев//Обзорная информация. — Серия 14. — Вып. 10. — М.: АгроНИИТЭИП, 1991. — 32 с.
6. Голубев, В. Н. Мембранная биотехнология — перспективное направление для перерабатывающих отраслей АПК [Текст]/В. Н. Голубев//Известия вузов. Пищевая технология. 1990. — № 2–3. — С. 7–9.
7. Липатов, Н. Н. Молочная промышленность в XXI веке [Текст]/Н. Н. Липатов//Вопросы питания. 1994. — № 6. — С. 39–42.
8. Молочников, В. В. Биотехнологические принципы производства лечебно-профилактических молочных продуктов на основе термодинамического фракционирования компонентов молока [Текст]/В. В. Молочников//Материалы Международной научно-технической конференции «Прикладная биотехнология на пороге XXI века». — М.: МГУПБ, 1995. — С. 172–174.
9. Молочников, В. В. Использование обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки на пищевые и кормовые цели [Текст]/В. В. Молочников//Материалы XXI Международного молочного конгресса, т. 2. — М.: Агропромиздат. — 1985. — С. 290–295.
10. Молочников, В. В. Комплексная переработка молока [Текст]/В. В. Молочников//Машиностроение для молочной промышленности. — 1990. — № 1–2. — С. 36–37.
11. Молочников, В. В. Технологические и биологические аспекты переработки молока [Текст]/В. В. Молочников//Труды ВНИИКИМ. — Ставрополь: ВНИИКИМ, 1989. — С. 3–8.
12. Молочников, В. В. Разделяющая способность некоторых пектинов [Текст]/В. В. Молочников, Т. М. Герасюта//Пищевая промышленность. — 1994. — № 6. — С. 22–23.
13. Молочников В. В. Супшка концентрата сывороточно-полисахаридного [Текст]/В. В. Молочников, П. Г. Нестеренко, А. А. Храмцов и др./Материалы I Всероссийской конференции «Современные достижения биотехнологии». — Ставрополь: Ставропольский государственный технический университет, 1996. — С. 194–195.
14. Молочников, В. В. Безотходная переработка обезжиренного молока на основе безмембранного осмоса [Текст]/В. В. Молочников, Т. А. Орлова, С. В. Аписимов//Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1986. — 36 с.
15. Молочников, В. В. Физико-химические показатели и фракционный состав концентрата натурального казеина и бесказеиновой фазы [Текст]/В. В. Молочников, Т. А. Орлова, Т. М. Герасюта//Сб. научных трудов ВНИИКИМ. — Ставрополь: ВНИИКИМ, 1992. — С. 21–25.
16. Молочников, В. В. Переработка молочного сырья с применением полисахаридов по технологии «Био-Топ» [Текст]/В. В. Молочников, Т. А. Орлова, О. А. Суюнчев//Пищевая промышленность. — 1996. — № 5. — С. 34–35.
17. Молочников, В. В. Безотходная технология переработки молока «Био-Топ» [Текст]/В. В. Молочников, О. А. Суюнчев//Межвузовский сборник научных трудов «Консервирование пищевых продуктов с применением искусственного холода и других физико-химических способов». — С-Пб.: СПбГУХПТ, 1997. — С. 25–27.
18. Молочников, В. В. Динамика перераспределения компонентов в системе пахта — пектин [Текст]/В. В. Молочников, Н. Н. Чекмазова, Т. И. Ярова//Сборник научных трудов ВНИИКИМ. — Ставрополь: ВНИИКИМ, 1989. — С. 9–15.

19. Капленко, Н. Н. Технология и свойства молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.18.04/Капленко Николай Николаевич. — М.: ВНИИМП, 1988. — 21 с.
20. Орлова, Т. А. Технология и свойства концентрата натурального казеина [Текст]/Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Орлова Т. А. — М.: ВНИИМП, 1989. — 15 с.
21. Липатов Н. Н. Принципы проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных и молочных продуктов [Текст]/Автореф. дисс.... д-ра. техн. наук: 05.18.04/Липатов Н. Н. — М.: ВНИИМП, 1988. — 55 с.
22. Сергеев В. Н. Ассортимент, состав, технология молочных продуктов и их роль в рациональной структуре питания населения [Текст]/Автореф. дисс.... д-ра техн. наук: 05.18.04/Сергеев В. Н. — М.: ВНИИМП, 1989. — 55 с.
23. Лисицин, А. Б. Технологические аспекты повышения экзотрофической эффективности промышленной переработки мясного сырья [Текст]/Дисс... д-ра техн. наук в виде научн. доклада: 05.18.04/Лисицин А. Б. — М.: ВНИИМП, 1997. — 69 с.
24. Анисимов, С. В. Технология белкового концентрата из нежирного молочного сырья [Текст]/Автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.18.04/Анисимов С. В. — М.: ВНИИМП, 1988. — 16 с.
25. Бедных, Б. С. Проектирование состава многокомпонентных продуктов детского питания [Текст]/Б. С. Бедных, Г. А. Анисимова, Н. А. Михайлов//Молочная промышленность. — 1999. — № 1. — С. 11–12.
26. Липатов, Н. Н. Принципы и методы проектирования рецептур пищевых продуктов балансирующих рационы питания [Текст]/Н. Н. Липатов//Известия вузов. Пищевая технология. — 1990. — № 6. — С. — 5–11.
27. Храпцов, А. А. Регулирование состава и свойств молочного полисахаридного концентрата электродиализом [Текст]/Дисс... канд. техн. наук: 05.18.04/Храпцов А. А. — М.: МТИММП, 1988. — 194 с.
28. Дерягин, Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок [Текст]/Б. В. Дерягин. — М.: Наука, 1986. — 204 с.
29. *Hermansson, A. M. Interaction between milk proteins and hydrocolloids in model systems and low-fat products [Text]/A. M. Hermansson//Brief Communications and Abstracts of Posters of XXV International Dairy Congress. — 1998. — P.29.*
30. *Hill, R. D. The precipitation of whey proteins with water soluble polymers [Text]/R. D. Hill, J. G. Zadow//New Zealand J. Sci. Food Technology. — 1978. — Vol. 13. — N 2. — P. 61–64.*
31. *Hansen, P. Redamation of whey protein with carboxymethyl-cellulose [Text]/P. Hansen//J. Dairy Sci. — 1971. — V.54. — N6. — P. 830–834.*
32. *Pool, S. Protein — protein interactions [Text]/S. Pool//J. Food Sci. — 1984. — N 35. — P.401–411.*
33. Патент РФ № 1817876. Способ получения белкового полисахаридного концентрата/В. В. Молочников, В. Ю. Щанов, С. В. Анисимов, А. А. Храпцов/Приоритет от 02.08.90.
34. А. с. № 1392648. Способ получения пищевого структурирующего концентрата/Н. Я. Дыкало, В. В. Молочников, Н. Н. Капленко и др. — Оpubл. 03.01.88.
35. А. с. № 1591919. Способ приготовления основы для напитка из молочной сыворотки/Н. Я. Дыкало, А. А. Храпцов, Г. И. Холодов и др. — Оpubл. 15.09.90.
36. Лейси, Р. Технологические процессы с применением мембран [Текст]/Р. Лейси. — М.: Мир, 1976. — 370 с.
37. А. с. № 1768627. Основа для приготовления моющих средств/В. В. Молочников, В. Ю. Щанов, А. А. Храпцов. — Оpubл. 15.10.92.
38. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/дисс... докт. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов Иван Алексеевич. — М.: ВНИИМП, 1998. — 204 с.
39. Толстогузов, В. Б. Искусственные продукты питания [Текст]/В. Б. Толстогузов. — М.: Наука, 1998. — 232 с.
40. Толстогузов, В. Б. Новые формы белковой пищи [Текст]/В. Б. Толстогузов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 303 с.
41. Дерягин, Б. В. Адгезия твердых тел [Текст]/Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова, В. П. Смилга. — М.: Наука, 1973. — 280 с.

42. А.с. № 1597154. Способ получения белкового концентрата из молочного сырья/А.В. Серов, Н.Я. Дыкало, В.В. Ким и др. – Опубл. 08.06.90.
43. Молочников, В.В. Фракционирование молочного сырья с помощью полисахаридов [Текст]/В.В. Молочников, А.А. Храмцов, Т.А. Орлова и др.//Молочная промышленность. – № 12, 2008. – с. 47–49.
44. Молочников, В.В. Концентрат натурального казеина [Текст]/В.В. Молочников, Т.А. Орлова, Остроухова Л.А. и др.//Молочная промышленность. – № 12, 2008. – С. 57–58.
45. Орлова Т.А. Сывороточно-полисахаридная фракция в функциональных напитках [Текст]/Т.А. Орлова, Мильтусов В.Е.//Молочная промышленность. – № 12, 2008. – С. 64–65.

Глава 15

Формирование систем обработки молочной сыворотки

15.1. Общие положения

Подводя итоги изложенным в главах 5–14 материалам, представляется правомерным сделать краткий анализ их использования для формирования систем обработки молочной сыворотки с целью получения всего или модифицированного сухого остатка, извлечения отдельных компонентов и синтеза их производных.

15.2. Системы комплексного использования молочной сыворотки

В общем виде Система «Молочная сыворотка», которая сформирована проф. П. Г. Нестеренко [1] представляется как набор операций, показанных на рис. 15.1.

Следует обратить внимание, что способы обработки в данной системе увязаны с направлением использования получаемых в результате продуктов, что правильно и интересно с точки зрения феномена молочной сыворотки и возможного социального заказа.

Установленные оптимальные технологические параметры выделения казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков использованы при разработке принципиальной схемы первичной обработки сыворотки и аппаратурном оформлении процесса (рис. 15.2) [1].

Предусмотренные схемой операции позволяют выделять из сыворотки ценные компоненты — казеиновую пыль в виде белковой массы с содержанием 20 % сухих веществ, молочный жир в виде сливок жирностью 25–30 % и сывороточные белки в виде белковой массы с со-



Рис. 15.1. Методы обработки и направления использования молочной сыворотки



Рис. 15.2. Технологическая схема первичной обработки молочной сыворотки

держанием 20 % сухих веществ. Очищенную от жира и белков молочную сыворотку можно использовать для выработки молочного сахара, напитков, биологического обогащения и других целей.

По предлагаемой схеме из 1 т подсырной сыворотки можно получить (около): 5 кг (20 % СВ) казеиновой пыли (массы); 4 кг (30 % жира) подсырных сливок; 30 кг (20 % СВ) белковой массы и до 960 кг (5 % СВ) очищенной (депротеинизированной, гипоаллергенной) молочной сыворотки.

Кроме того, применение такой линии по сравнению с использованием разрозненных аппаратов позволяет полнее использовать ценные компоненты молока в пищевых целях; повысить производительность труда; снизить себестоимость получаемых полуфабрикатов; сократить расход электроэнергии, пара и воды; улучшить санитарно-гигиенические условия производства; сократить производственные площади по промышленной переработке молочной сыворотки.

Эффективность системы мембранной обработки молочной сыворотки можно показать примером по ультрафильтрации на рис. 15.3 (% и кг в скобках). Опыт эксплуатации ультрафильтрационных установок показал, что важным вопросом стабилизации процесса является подготовка воды для санитарной обработки оборудования.

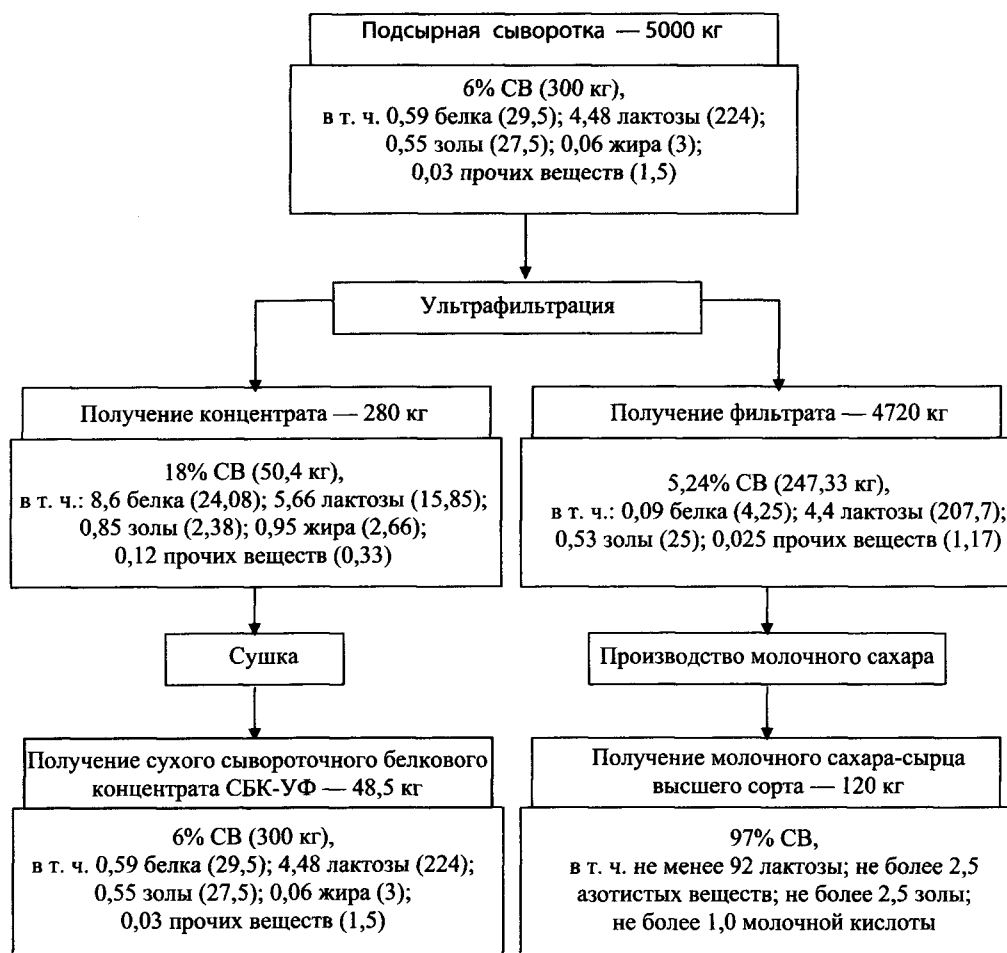


Рис. 15.3. Логический граф системной обработки молочной сыворотки мембранными методами

Проф. И.А. Евдокимовым сформулированы принципы формирования Систем (Программ) промышленной переработки молочной сыворотки в современных условиях на региональном [2] и федеральном [3] уровнях. Концепция рациональной переработки молочной сыворотки приведена на рис. 15.4 [4].

Концепция глубокой переработки молочной сыворотки в общем виде, с получением лактозы и ее производных, а также бифидогенных концентратов показана на объединенных схемах (рис. 15.5).

Любой переработчик может выбрать из предлагаемых альтернативных вариантов оптимальный, с учетом объемов, финансовых и технических возможностей предприятия, с безусловным кадровым обеспечением выбранных технологических решений. Затем, в соответствии с Концепцией рыночной экономики (глава 3.2) и принципами технического аудита (рис. 15.6) предстоит целенаправленная работа по осуществлению бизнес-проекта.

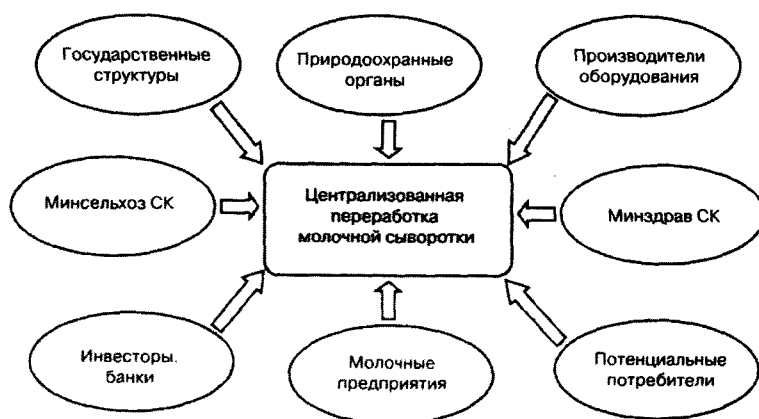


Рис. 15.4. Концепция рациональной переработки молочной сыворотки в регионе (СК — Ставропольский край)

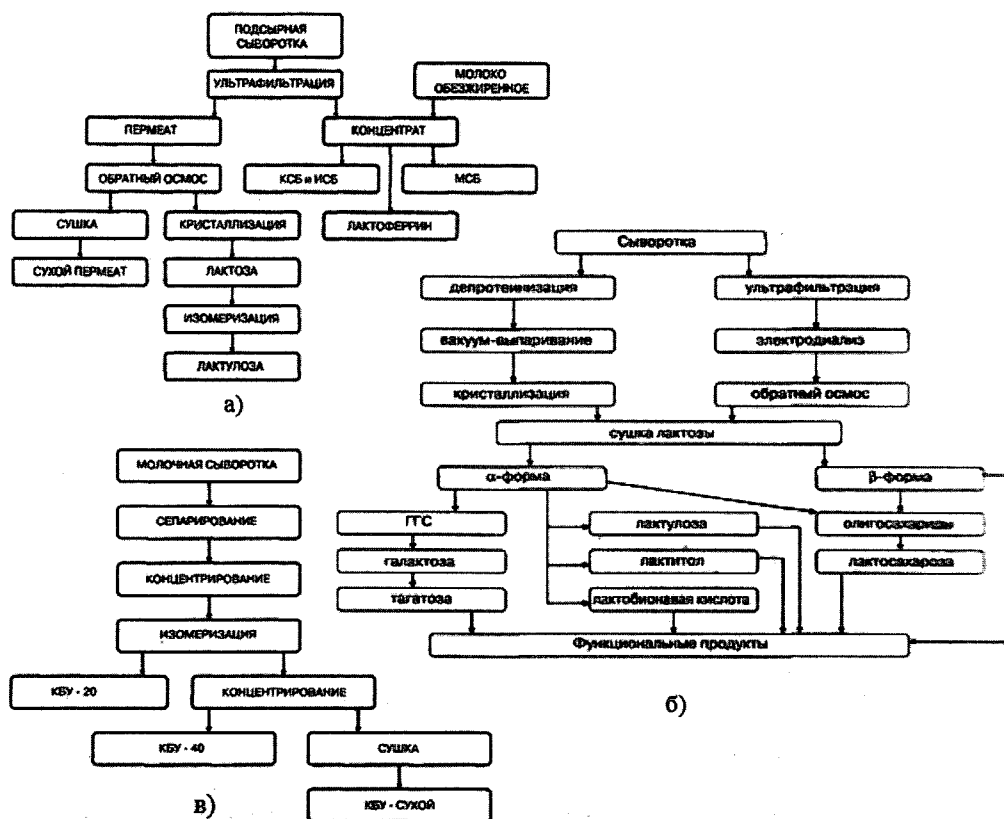


Рис. 15.5. Логистические схемы глубокой переработки молочной сыворотки: а — мембранными методами; б — лактоза и ее производные; в — бифидогенные концентраты

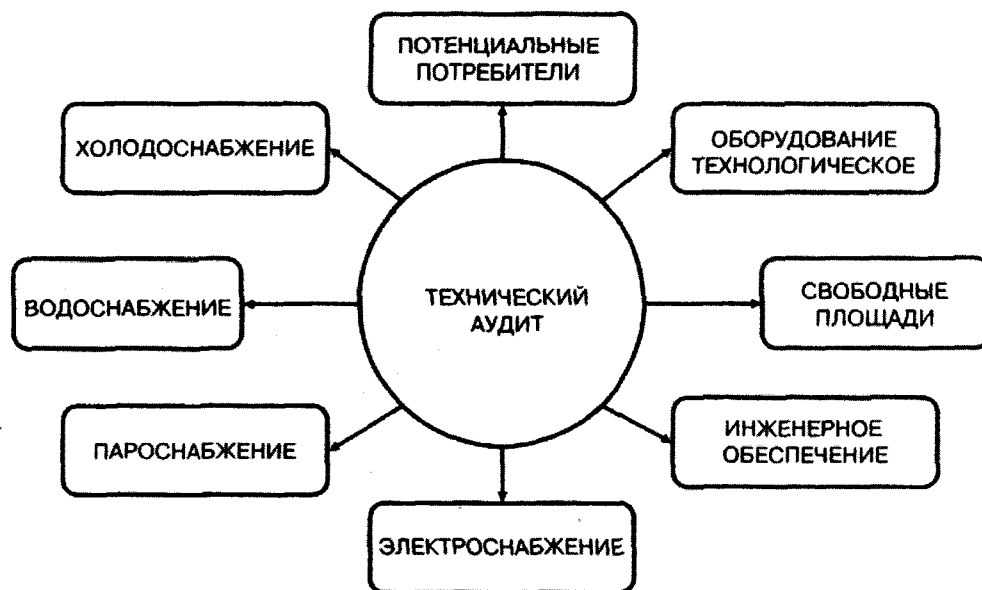


Рис. 15.6. Технический аудит молочного предприятия

Опыт реализации таких проектов на региональном и федеральном уровнях имеется. Подготовлена целая плеяда топ-менеджеров. Проводится систематическая информационно-аналитическая и научно-техническая переподготовка профессионалов. Особую активность по тематике монографии в последние годы проявляет НОУ при ВНИМИ (детали изложены в главе 4).

ВНИИМС (Э. Ф. Кравченко с сотр.) предлагает отрасли обоснованные решения полного использования молочной сыворотки на принципах безотходной технологии промышленной переработки [5, 6]. Комплексное применение прогрессивных — мембранных и биотехнологических способов обработки молочной сыворотки позволяет сформировать схему для получения целой гаммы продуктов (рис. 15.7).

Фирма *GEA Niro A/S* [7] предлагает свое видение комплексной обработки «сладкой» (подсырной) и «кислой» (творожной) сывороток (рис. 15.8) с расшифровкой объемов получаемых продуктов, применительно к предприятиям с переработкой на сыр или творог до 100 т молока.

Компания *Anhydro A/S* предлагает [8] комбинированное использование уникальных (мембранных) технологий для обработки молочной сыворотки с получением белковых концентратов и сухого пермеата (рис. 15.9).

В целом отрасли предлагается целая гамма (линейка) альтернативных вариантов по полному использованию молочной сыворотки.

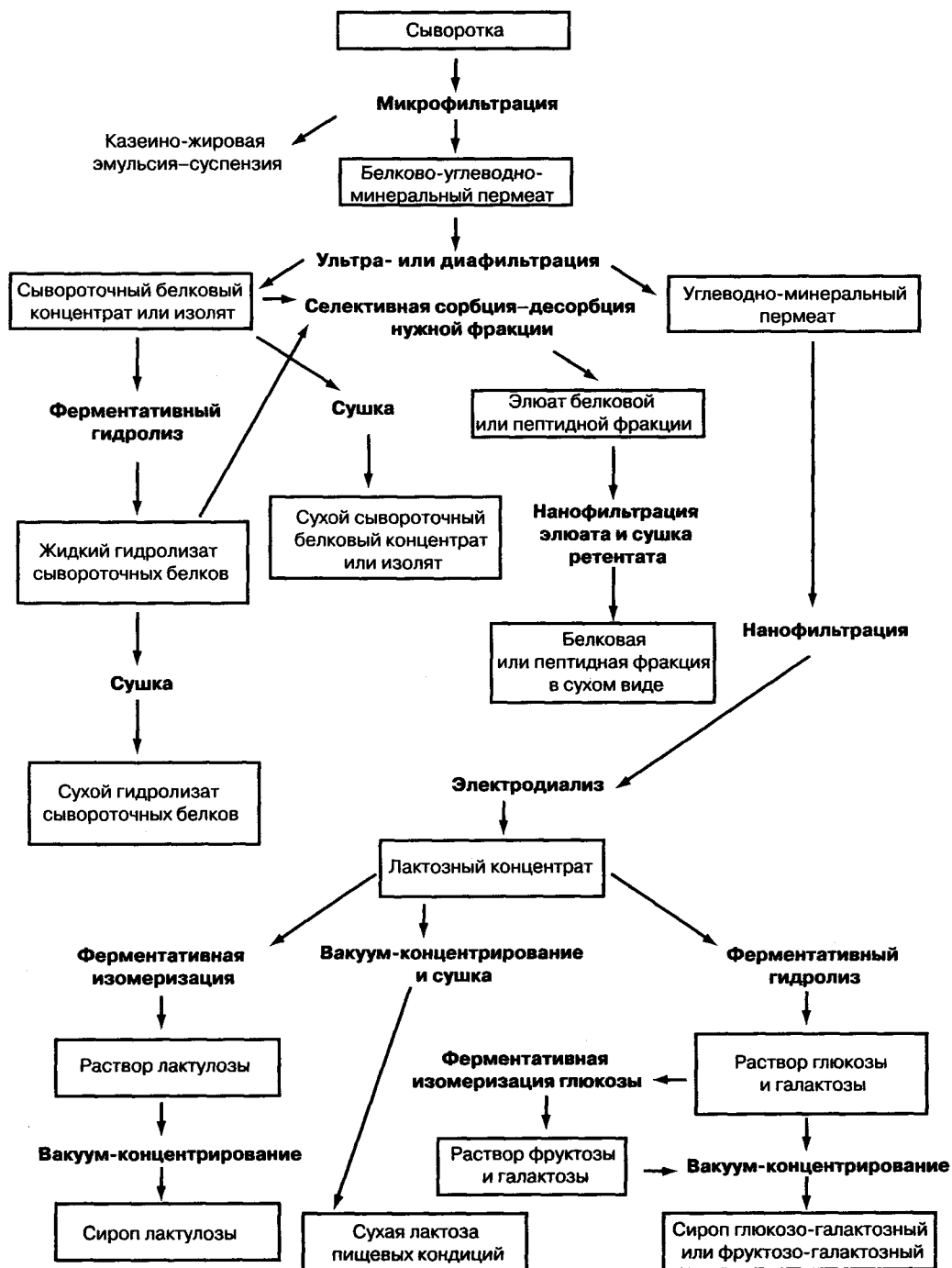


Рис. 15.7. Комплекс современных способов обработки молочной сыворотки

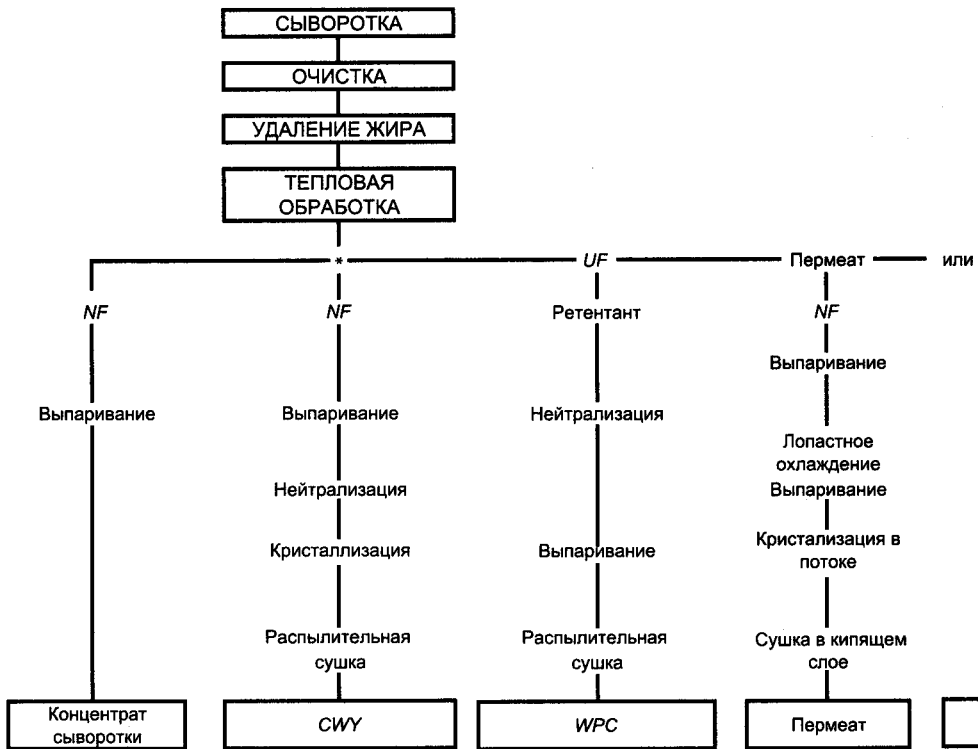


Рис. 15.8. Методы и результат переработки молочной сыворотки по GEA Niro A/S

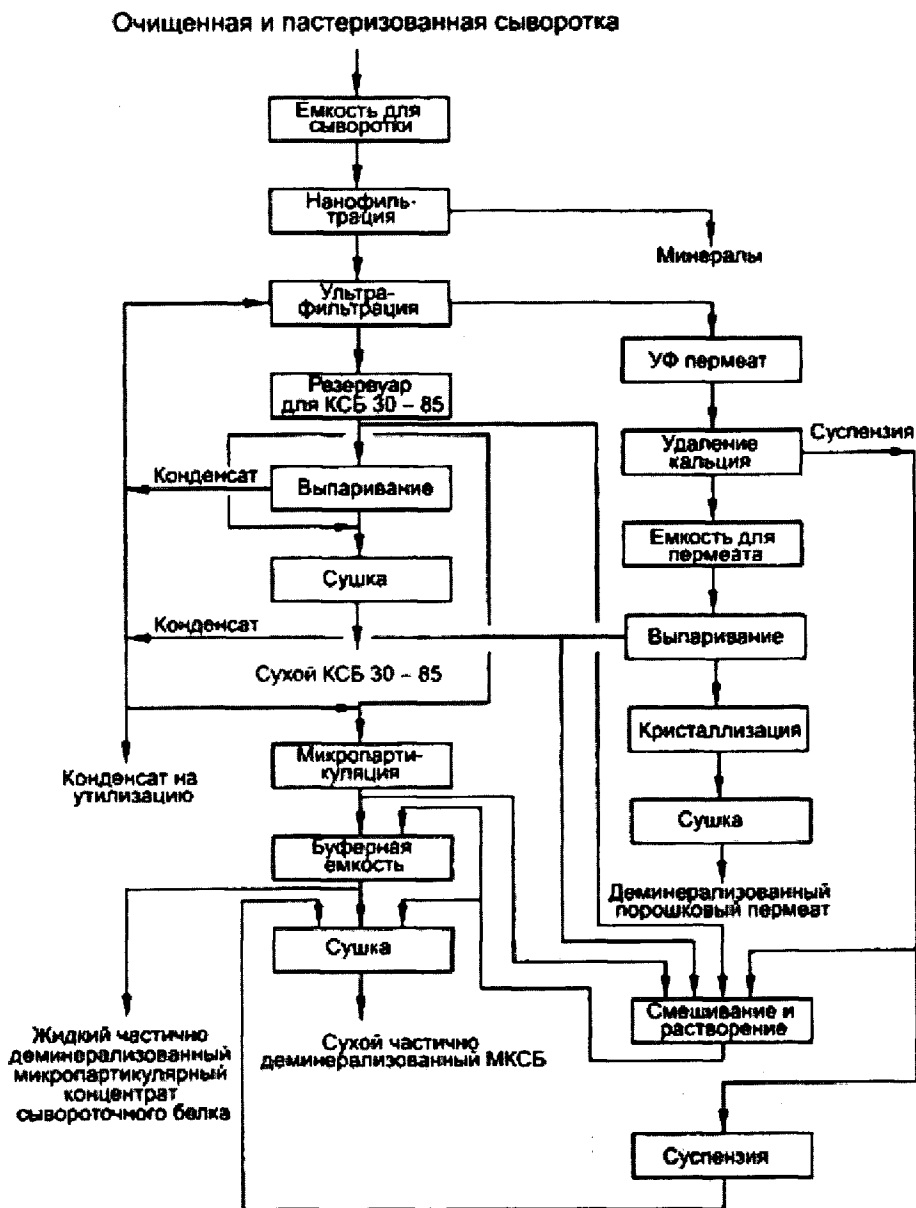


Рис. 15.9. Принципиальная схема производства концентрата и микропартикулата сывороточных белков, сухого пермеата по *Anhydro A/S*

15.3. Системы извлечения компонентов из молочной сыворотки

Самое эффективное представление по получению отдельных комплексов молочной сыворотки дает технологическая Система производства молочного сахара, сформированная проф. И. А. Евдокимовым [9, 10]. Она показана на рис. 15.10 и открыта для совершенствования. Альтернативные варианты безотходной технологии переработки лактозосодержащего сырья по законченному технологическому циклу (на примере молочной сыворотки) предусматривают получение аномерных форм лактозы пищевой категории качества, сывороточных белковых концентратов для пищевых целей и бифидогенных кормовых добавок на основе мелассы [11]. По данной схеме возможно производство в цехах лактозы 14 наименований продуктов различного назначения, категорий качества и кондиции. Принципиальная схема включает 4 способа производства кристаллической лактозы пищевой категории качества, отличающиеся очисткой сыворотки от несахаров (совместная коагуляция, ультрафильтрация, безреагентная очистка на стадии сгущения, кислотный способ с подкислением кислой сывороткой). Получаемая лактоза пищевая может быть направлена непосредственно в реализацию или использована для производства аморфной лактозы пищевой с β -формой [12]. Молочный сахар-сырец высшего сорта или улучшенный, в соответствии с разработанной схемой переработки сыворотки, может вырабатываться четырьмя способами и направляется на рафинирование, в реализацию или на производство аморфной лактозы пищевой с β -формой.

Пищевая лактоза с β -формой вырабатывается двумя способами, в зависимости от используемого сырья — молочный сахар-сырец или лактоза пищевая кристаллическая. Выработка лактозы пищевой с β -формой может осуществляться в период минимального поступления сыворотки (осень-зима) из собственного или привозного сырья. Это способствует сглаживанию сезонности производства и позволяет рационально использовать существующие мощности.

Предлагаемые технологические схемы позволяют получать из сыворотки различные белковые концентраты: концентрат сыворотки белково-углеводный (КСБУ); концентрат сывороточных белков (КСБ-УФ); концентрат молочных белков (КМБ). По требованию потребителей они могут вырабатываться в жидком, сгущенном, блочном, сухом видах или в виде белковой массы (в перспективе — микропартикуляция).

Принципиальная схема предусматривает безотходность производства, полное использование мелассы молочного сахара-сырца и пищевого для производства бифидогенной кормовой добавки (БИКОДО) или заменителей молока. Кормовые добавки также могут выпускаться в различных видах: жидком, сгущенном, блочном и сухом [13, 14].

В целом, альтернативные варианты переработки молочной сыворотки, как одного из основных видов лактозосодержащего сырья, позволяют организовать систему безотходных, экологически чистых технологий с законченным циклом производства и получением гаммы пищевых продуктов и кормовых средств различного вида и качества [15, 16]. В перспективе видится комплексное использование микро- и ультрафильтрации с деминерализацией молочной сыворотки для извлечения казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков; подсгущение нанофильтрацией или обратным осмосом; использование минерализата и извлекаемой воды (в настоящее время конденсат, а на самом деле биологически синтезированная в живой системе коровы H_2O).

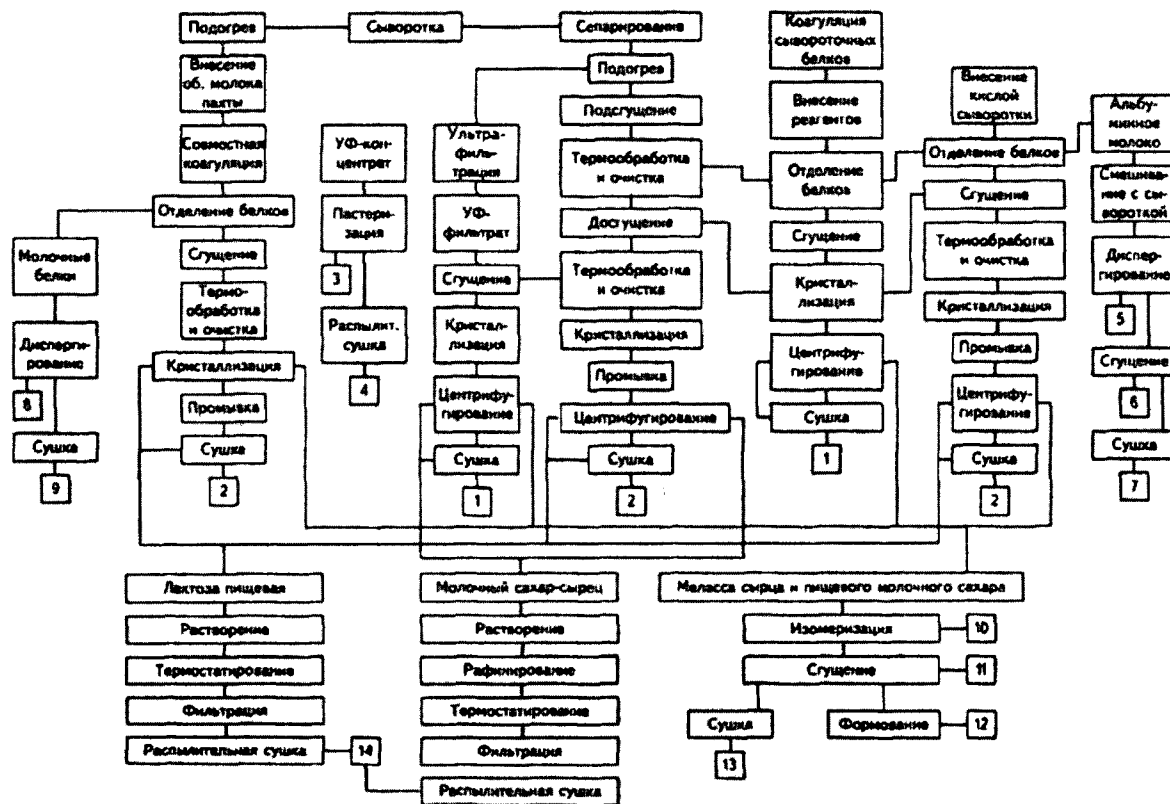


Рис. 15.10. Принципиальные схемы переработки молочной сыворотки для извлечения отдельных компонентов: 1 — молочный сахар-сырец; 2 — лактоза пищевая кристаллическая; 3 — жидкий КСБ-УФ (концентрат сывороточных белков, полученных ультрафильтрацией); 4 — сухой КСБ-УФ; 5 — жидкий КСБУ (концентрат сывороточный белково-углеводный); 6 — сгущенный КСБУ; 7 — сухой КСБУ; 8 — КМБ (концентрат молочных белков) в виде белковой массы; 9 — сухой КМБ; 10 — жидкая БИКОДО (бифидогенная кормовая добавка); 11 — сгущенная БИКОДО; 12 — блочная БИКОДО; 13 — сухая БИКОДО; 14 — лактоза аморфная с β -формой

15.4. Системы синтеза производных компонентов молочной сыворотки

Научно-технические основы подхода к формированию Систем получения производных отработаны на примере лактулозы проф. С. А. Рябцевой [17]. Кратко остановимся на сути, как основе инноваций, принципы которых могут быть масштабированы на любое из 100 производных лактозы, а также сывороточных белков.

Методологической основой создания современных инновационных (высоких или критических) технологий является системный подход, т.е. рассмотрение объектов исследования как целостных систем. Концептуально и практически школой акад. Россельхозакадемии В.А. Панфилова разработан системный подход к созданию технологического потока пищевых производств, включающего технологию, оборудование, средства автоматизации — система машин и технологий [18, 19, 20].

Системный анализ, как частный случай системного подхода — это совокупность методов, путей, средств исследований, конструирования систем и управления ими. Методология системного анализа имеет практическую ориентацию, она не подразумевает строгого и единого теоретического обоснования или унифицированной совокупности методологических процедур. Поэтому для каждой конкретной задачи строится своя особая методология, которая без существенных модификаций не может быть перенесена на другую задачу [21].

Для систематизации накопленной информации, выявления недостатков существующих технологий лактулозы и тенденций ее развития С.А. Рябцевой [22] была разработана методология системного анализа, как первый этап формирования «Системы получения производных», включающая ряд последовательных и взаимосвязанных этапов.

Анализ взаимосвязи системы и среды. Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой. Основные направления такого взаимодействия наиболее четко можно показать с помощью модели типа «черный ящик», которая отображает только связи системы «Технология лактулозы» с внешней средой в виде перечня «входов» и «выходов» показана на рис. 15.11.

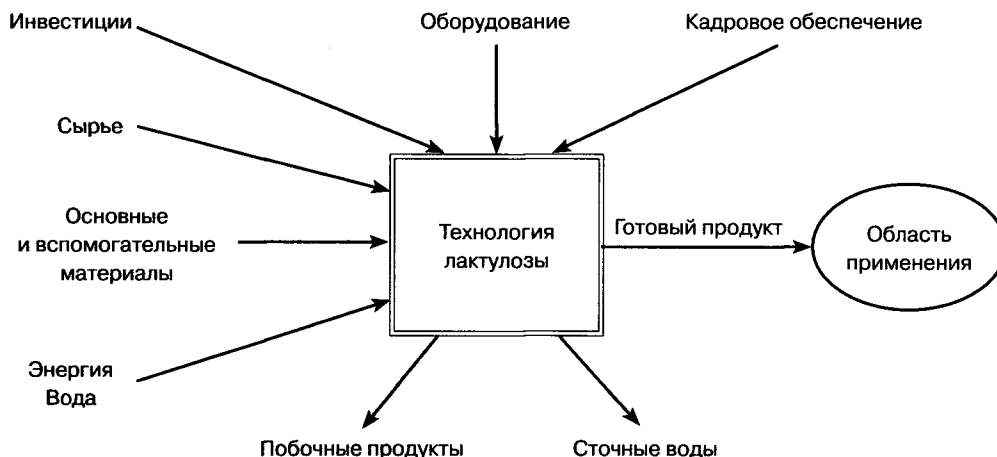


Рис. 15.11. Схема взаимодействия системы «Технология лактулозы» с внешней средой (модель «черный ящик»)

Из показанных на схеме «входов» самыми важными в технологическом отношении являются «сырье» и «основные и вспомогательные материалы». Для технико-экономических расчетов требуются показатели расхода энергии и воды. При создании безотходной и экологически чистой технологии лактулозы большое значение имеют «выходы» в виде побочных продуктов и сточных вод. Уровень качества готового продукта должен определяться требованиями потребителей. Для подробного рассмотрения этих взаимодействий необходимо построение более сложной модели, которая раскрывает структуру системы, а также связи между элементами системы и окружающей средой.

Построение структурной модели системы. Важным этапом системного анализа является описание элементов системы и взаимодействий между ними. На первом уровне декомпозиции в качестве элементов были выделены основные технологические процессы, характерные для большинства известных способов получения лактулозы: подготовка сырья, изомеризация, очистка изомеризованного раствора, сгущение, кристаллизация и выделение лактозы, сушка или кристаллизация лактулозы. Эти элементы связаны между собой в основном последовательными линейными связями, но в системе имеются и более сложные взаимодействия. Так, например, непрореагировавшая лактоза может быть возвращена в технологический цикл, а кристаллы лактулозы используются в некоторых способах как затравка при получении тригидратной формы.

Структура системы «Технология лактулозы», функциональные связи между элементами и внешней средой показаны на рис. 15.12 в виде модели «белого ящика» [23].

На схеме видно, что все элементы тесно взаимосвязаны друг с другом. В качестве лактозосодержащего сырья используются продукты переработки молочной промышленности, в которой лактулоза применяется как добавка для производства продуктов лечебно-диетического питания. Для получения лактулозы необходимы катализаторы, ионообменные смолы, адсорбенты, утилизация которых существенно влияет на загрязнение окружающей среды. Все процессы требуют энергетического обеспечения, а после обслуживания оборудования на всех этапах производства остаются сточные воды.

Важнейшими потребителями лактулозы являются предприятия-производители продуктов детского и лечебно-диетического питания, а также медицина. Во всех этих отраслях лактулоза может быть использована в виде сиропов, порошков или в кристаллической форме [24].

На схеме (рис. 15.12) показаны только основные элементы системы «Технология лактулозы». Более подробно внутреннее строение системы рассмотрено на следующем уровне декомпозиции, целью которого является разработка классификации известных способов получения лактулозы.

Разработка и анализ классификационной схемы. Для классификации технологий лактулозы использован принцип дерева целей (рисунок 15.13).

На основе принципа иерархичности в системе «Технология лактулозы» выделены две основных подсистемы — «Изомеризация лактозы в лактулозу» и «Выделение лактулозы из реакционной смеси». Каждая подсистема включает ряд элементов — операций, которые находятся на следующем уровне иерархической подчиненности и могут быть выполнены разными способами. Рассмотрим характеристику подсистем.

Подсистема «Изомеризация лактозы в лактулозу» включает три элемента: подготовка сырья, внесение катализатора и термостатирование. Теоретической основой декомпозиции подсистемы являются данные о том, что все промышленные способы получения лактулозы основаны на внутримолекулярной перегруппировке молекулы лактозы в щелочной среде по механизму LA-трансформации. На изомеризацию существенно влияют вид и доза катализатора, температура и продолжительность термостатирования, состав и свойства исходного сырья [25, 26].

Подсистема: «Выделение лактулозы из реакционной смеси» включает ряд операций, целью которых является комплексная очистка изомеризованных растворов от катализаторов, побочных продуктов реакции и других углеводов, а также повышение концентрации лактулозы в готовом продукте.

Задача формирования Системы получения и использования лактулозы сводится к совершенствованию существующих и разработанных, либо поиску новых, м.б. нетрадиционных способов. Именно в этом направлении проводятся исследования во всем мире, в т.ч. нашей стране и творческом коллективе научного направления «Живые Системы» СевКавГТУ. Аналогичное положение распространяется на протеолиз (гидролиз) сывороточных белков, с усложнением задачи — направленное элюирование, например, фенилаланина.

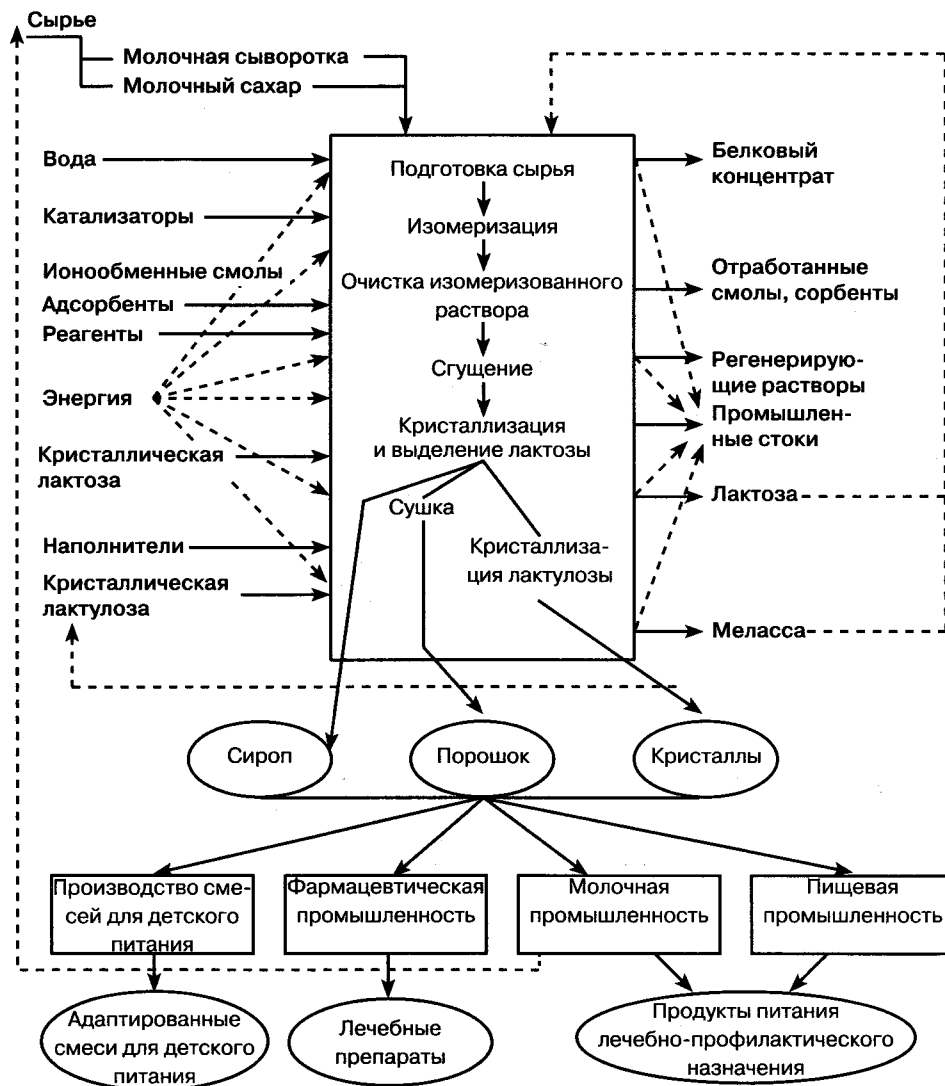


Рис. 15.12. Структурная схема системы «Технология лактулозы» (модель «белый ящик»)

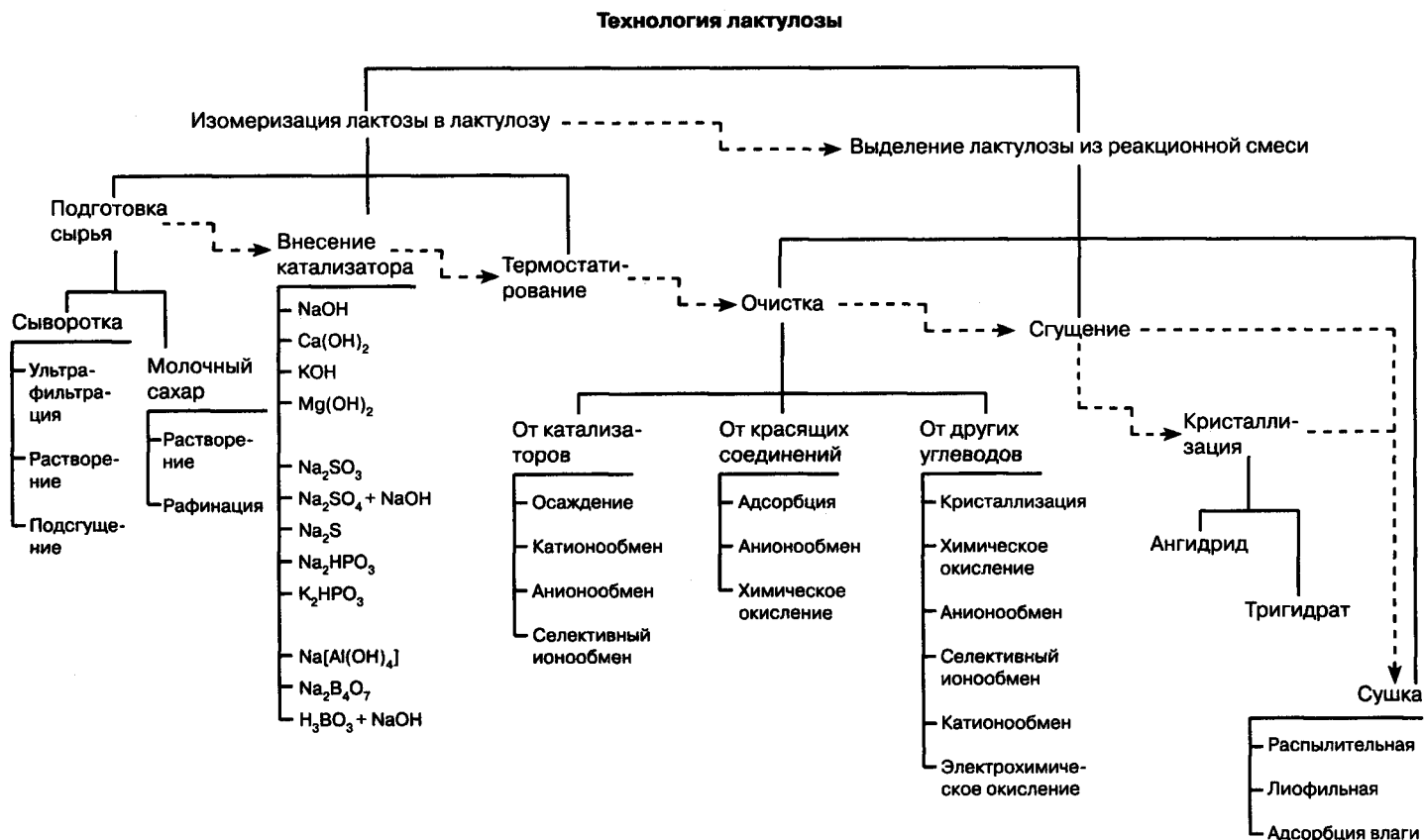


Рис. 15.13. Классификация схема «Способы получения лактулозы» (модель «дерева целей»)

15.5. Резюме по главе 15

Проблематика, освещенная в данной главе, позволяет в системном виде рассматривать всю иерархию вопросов по направленной и управляемой обработке молочной сыворотки с целью получения продуктов питания, кормовых средств, мед- и ветпрепаратов, а так же технических полуфабрикатов. При этом, безусловно, должен действовать принцип — «не навреди» в плане воздействия на молочную сыворотку, как живую биотехнологическую систему. В этом же аспекте заслуживают всяческого внимания, в т.ч. на государственном уровне, мембранные методы молекулярно-ситовой фильтрации, биотрансформации и модификации компонентов молочной сыворотки в производные, а также структурирование (гелеобразование).

Используя классический подход иррациональных чисел [27] и мнение европейских ученых [28] можно предложить следующую схему «золотой пропорции» для молочной сыворотки, которая образно коррелирует со знаменитой работой великого Леонардо да Винчи (рис. 15.14).

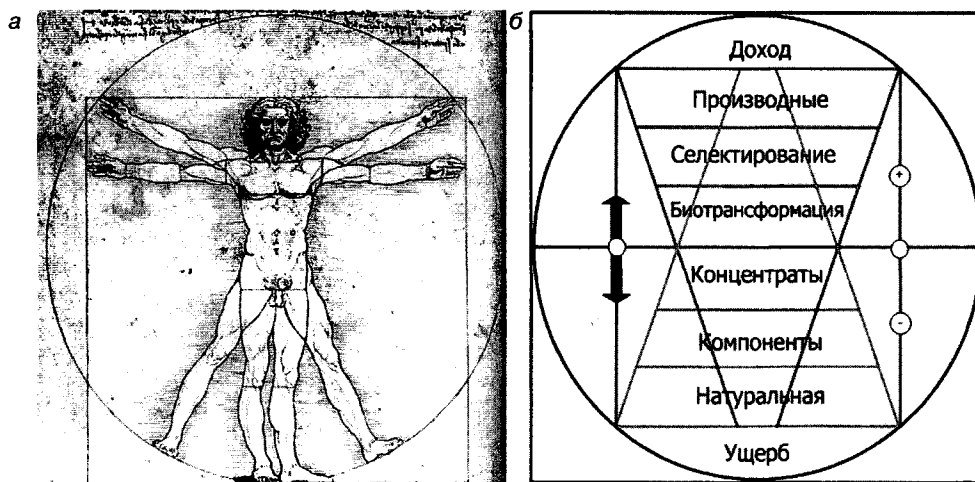


Рис. 15. 14. Золотая пропорция (сечение): а — Витрувианский человек Леонардо да Винчи; б — Сыворотка молочная (по А. Г. Храмцову)

Включив в анаграмму двух взаимосвязанных пирамид основные процессы промышленной переработки молочной сыворотки, направленные на получение продуктов с их использованием, можно совершенно четко увидеть соотношение (Золотое сечение) существующих (натуральная сыворотка, ее компоненты, концентраты) и перспективных (биотрансформация, селектирование, производные) способов с доходом или убытком. Подставив в обозначенные «клетки» цифры (объемы молочной сыворотки или продуктов), можно сделать математические расчеты «неперовых чисел» или чисел Фибоначчи (Леонардо из Пизы). Это позволит объективно определить существующие тенденции феномена молочной сыворотки. В нашей стране пока это 60/40 с изменением в сторону сухой деминерализованной молочной сыворотки и напитков.

В целом системологию всех направлений переработки и использования молочной сыворотки, в соответствии с приведенной «золотой пропорцией» на уровне целостности (Θ) системы, при варьировании аппаратурно-процессовых единиц подсистем от 0 (без обработки) до 8 (производные), можно представить в виде диаграммы развития по академику В. А. Пан-

филову (рис. 15.15), адаптированную в работе И.К. Афанасьева к процессу изготовления бисквитных полуфабрикатов [29].

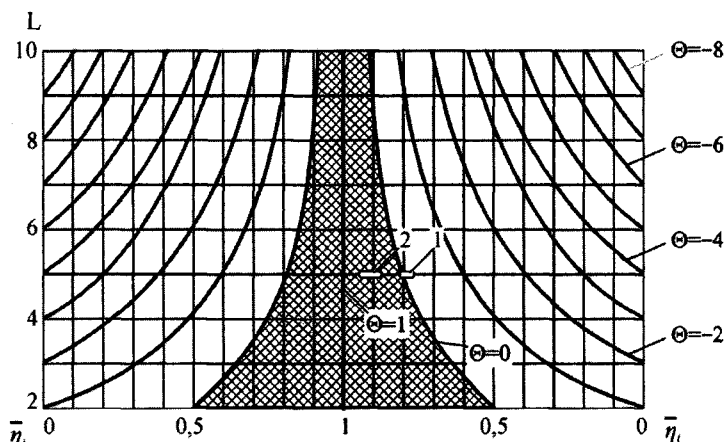


Рис. 15.15. Диаграмма процесса развития технологической системы «Молочная сыворо́тка»

По аналогии с [29] в координатах $\bar{\eta}_i$ (средняя стабильность подсистем) и L (количество подсистем) показаны эквидистантные кривые, которые представляют собой уровни целостности (Θ) той или иной технологической системы переработки и использования молочной сыворо́тки. Заштрихованное пространство — область высокоорганизованных, целостных систем; остальное поле графика — область плохо организованных, суммативных систем. На диаграмме: 1 — показана зона уровней целостности существующей технологической системы; 2 — зона уровней целостности инновационной технологической системы.

Исходя из изложенного, можно вполне уверенно считать, что все технологические линии обработки молочной сыворо́тки, кроме слива, находятся в области высокоорганизованных систем.

Логика развития науки и практики по проблематике молочной сыворо́тки требует координации усилий всех заинтересованных в рамках Системы, в т. ч. и на международном уровне. Европейская Ассоциация переработчиков молочной сыворо́тки (*EWPA*) настойчиво «стучится в нашу российскую дверь» для координации усилий и использования творческого потенциала сложившихся научных коллективов и опыта практиков.

Таким образом, применительно к феномену молочной сыворо́тки, ее компонентам и их производным, в рамках реализации Системы, целесообразна и возможна специальная проработка проблемы как в плане технологии, так и аппаратного оформления. Возможный бренд работы — «Система машин и технологий *LactoWhey*». В перспективе, как результат проведенных работ, видятся: творческий кластер на базе СевКавГТУ (СевКавФУ); инновационный кластер на базе «МЕГА-Профилайн»; их совмещение с НОЦ «Мембранные Биотехнологии» для организации инновационно-образовательного кластера федерального или международного уровней; корневое предприятие на базе МКС «Ставропольский»; интеграция всех структур в логистический центр по проблематике монографии.

Следует обратить внимание, что конкретика реализации изложенных в главах 5–15 положений содержится в разделе III — обоснование и фактура технологических платформ асортиментных групп продуктов нового поколения из молочной сыворо́тки, а также в разделе IV — с ее использованием.

15.6. Литература к главе 15

1. Храмцов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. Учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 587 с.
2. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки молочной сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — 173 с.
3. Евдокимов, И. А. Мировые тренды и тенденции развития технологий переработки молочной сыворотки [Текст]/Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2009. — С. 75–76.
4. Евдокимов, И. А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. — 2006. — № 2. — С. 34–36.
5. Кравченко, Э. Ф. Организация рационального использования молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2009. — С. 77–79.
6. Кравченко, Э. Ф. Прогрессивные технологии переработки молочной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2008». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2008. — С. 30–31.
7. Шевелев, К. Сыворотка — ценный субпродукт [Текст]/К. Шевелев//Молочная промышленность. — 2005. — № 1. — С. 60–61.
8. Боегорд, С. Э. Скрытое сокровище [Текст]/С. Э. Боегорд//Переработка молока. — 2008. — № 8. — С. 14–15.
9. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов И. А. — Москва: Всероссийский НИИ мясной промышленности, 1998. — 204 с.
10. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов и др. — СПб.: Профессия, 2007. — 768 с.
11. Евдокимов, И. А. Современное состояние и перспективы использования лактозосодержащего сырья [Текст]/И. А. Евдокимов//Известия вузов. Пищевая технология. — 1997. — № 1. — С. 15–17.
12. Храмцов, А. Г. Интенсивная технология молочного сахара [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов — М.: ДеЛиПринт, 2004. — 277 с.
13. Храмцов, А. Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 5. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, С. В. Василисин. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 576 с.
14. Храмцов, А. Г. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др. — М.: ДеЛиПринт, 2006. — 288 с.
15. Храмцов, А. Г. Современные направления промышленной переработки и использования молочной сыворотки за рубежом [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко, А. А. Храмцов//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие. Молочная промышленность». — Ставрополь: СевКавГТУ, 1999. — С. 14–18.
16. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности АПК России и охрана окружающей среды. Справочник [Текст]/Под ред. Е. И. Сизенко. — М.: Пищепромиздат, 1999. — С. 14–18.
17. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Рябцева С. А. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 362 с.
18. Панфилов, В. А. Системный подход к проблеме развития машинных технологий в перерабатывающих отраслях [Текст]/В. А. Панфилов//Известия ВУЗов. Пищевая технология. — 1995. — № 1–2. — С. 98–100.
19. Панфилов, В. А. Технологические линии пищевых производств [Текст]/В. А. Панфилов. — М.: Колос, 1993. — 285 с.
20. Протопопов, И. И. Системный анализ процессов производства сыров с целью его интенсификации, оптимизации и автоматизации [Текст]/И. И. Протопопов//Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1988. — 44 с.

21. Александров, Л. В. Системный анализ при создании и освоении объектов техники [Текст]/Л. В. Александров, Н. П. Шепелев//Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1992. — 69 с.
22. Рябцева, С. А. Технология лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева. — М.: ДеЛи принт, 2003. — 232 с.
23. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ: учебное пособие для вузов [Текст]/Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. — М.: Высшая школа, 1989. — 367 с.
24. Рябцева, С. А. Получение и применение лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева//Обзорная информация. Сер. Молочная промышленность. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1990. — 28 с.
25. Рябцева, С. А. Физико-химические основы технологии лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2001. — 138 с.
26. Рябцева, С. А. Изучение процесса изомеризации лактозы как основы технологии лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева//Сборник научных трудов СтГТУ. Серия Продовольствие. Молочная промышленность. — Ставрополь, 1998. — Вып. 1. — С. 122–124.
27. Коробко, В. И. Золотая пропорция и человек [Текст]/В. И. Коробко, Т. Н. Примак. — Ставрополь, «Кавказская библиотека», 1992. — 174 с.
28. Евдокимов, И. А. Рациональность и некоторые экономические аспекты переработки сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. — 2007. — № 2. — С. 10–16.
29. Афанасьев, И. К. Развитие процесса изготовления бисквитного полуфабриката с целью повышения качества продукции [Текст]/И. К. Афанасьев Автореф. канд. техн. наук. — М.: МГУПБ, 2010. — 26 с.

Раздел III

Портфель инноваций

Вступление

Технологическая платформа инновационных технологий продуктов из молочной сыворожки

В соответствии с рыночной концепцией рационального использования молочной сыворожки, ее компонентов и их производных на основе промышленной обработки (глава 3.2) в настоящем разделе излагаются инновационные технологии альтернативных вариантов получения продуктов нового поколения. Теоретической основой при этом является парадигма формирования технологических платформ (Информацию можно найти на веб-сайте виртуальной энциклопедии Википедии <http://ru.wikipedia.org/>), применительно к сельскохозяйственному сырью животного происхождения (Веб-сайт: Сельскохозяйственный отраслевой сервер. <http://www.agromade.com/>). Содержательная часть технологической платформы, как системы машин и технологий по акад. В. А. Панфилову, рассматривается через блок-схемы алгоритма и операторные модели, позволяющие реализовать принципы «безлюдных» интенсивных технологий по законченному и замкнутому циклам производства. Научная база технологического оформления процессов — моделирование и экспертные системы с использованием методологии «нейронных сетей» (элементы искусственного интеллекта).

В качестве примера реализации приведенных выше положений ниже излагается технологическая платформа отечественного пребиотика лактулозы, синтез которой осуществлен из лактозосодержащего сырья — молочной сыворожки.

Современная технологическая система (технологическая платформа) получения лактулозы, разработанная творческим коллективом лауреатов премии Правительства РФ в области науки и техники (2001 г.), представляет совокупность физико-химических процессов и их аппаратного оформления, обеспечивающих заданное качество и требуемое количество готового продукта.

Основными общепризнанными исходными принципами создания технологических систем в молочной промышленности являются: полное и комплексное использование сырья, экономическая эффективность, энергосбережение, экологическая чистота. Реализация этих принципов достигается в ходе синтеза оптимальной структуры системы, включающей научное обоснование последовательности основных технологических процессов, альтернативных вариантов и оптимальных условий их проведения. В соответствии с современной методологией оптимизации критических технологий пищевых производств, наряду с традиционным детерминированно-стохастическим подходом, в монографии использован интеллектуальный потенциал специалистов-экспертов в исследуемой области науки и практики. При этом следует иметь в виду, что все процессы синтеза лактулозы проходят на уровне нанокластеров (размеры около 1 нм) и требуют реализации особо тонких приемов нанобиотехнологий.

На первом этапе синтеза структуры технологической системы рассмотрены основные взаимосвязи системы с элементами внешней среды, важнейшими из которых являются сырьевые источники. В соответствии с этими принципами разработана принципиальная схема получения сиропов лактулозы и продуктов, содержащих лактулозу, из разных видов сырья (рис. III. 1).

На схеме хорошо видна взаимосвязь, как между основными сырьевыми источниками, так и между сырьем и технологическими системами. Последние представлены в виде моделей «белого ящика», отражающих их внутреннее строение. Система получения сиропов лактулозы является структурно более сложной, чем система получения лакто-лактатулозы, а также пищевых и кормовых добавок с лактулозой, т.к. кроме изомеризации и концентрирования включает также подсистемы подготовки сырья и выделения лактулозы из реакционной смеси.

Объединенная блок-схема алгоритма производства концентратов лактулозы разного уровня качества из лактозосодержащего сырья (растворов молочного сахара) показана на рис. III.2.

Подробно схема реализуется в 27 блоках.

Следующий этап синтеза структуры включает выбор элементов подсистем (операций), их последовательности, вариантов проведения и взаимосвязей между ними. Работа включает анализ информационного файла, изучение состава и свойств растворов лакто-лактатулозы и сиропов лактулозы при различной последовательности операций. Результаты отображаются в виде операторной модели, разработанной по методике акад. В.А. Панфилова. Процесс формализации операторной модели состоит из семи подсистем, которые показаны на рис. III. 3.

Разработанная технологическая система производства сиропов лактулозы предусматривает применение разных видов лактозосодержащего сырья, выбор которого определяет дальнейшую структуру производственной линии. В целом предлагаемые технологические системы могут быть охарактеризованы как высокие инновационные технологии.

Для прогнозирования поведения технологической системы важно определить «чувствительные» точки системы, требующие жесткого контроля, и «критические» моменты времени, в которые наиболее целесообразно (или нежелательно) воздействие на подсистему. К «чувствительным» точкам» технологии лактулозы относятся операции термостатирования в подсистемах изомеризации и рафинации. «Критический момент» приходится на кристаллизацию, в ходе которой, с одной стороны, желательно воздействие в виде внесения затравки для ускорения процесса и максимально возможной выкристаллизации лактозы, а с другой — возможно обсеменение готового продукта микроорганизмами, в частности, спорами плесеней и дрожжей.

Основной целью следующего этапа создания технологической системы, включающего подробное рассмотрение ее структуры на уровне элементов (процессов и отдельных операций), является определение «диапазона» устойчивого функционирования технологии. На-

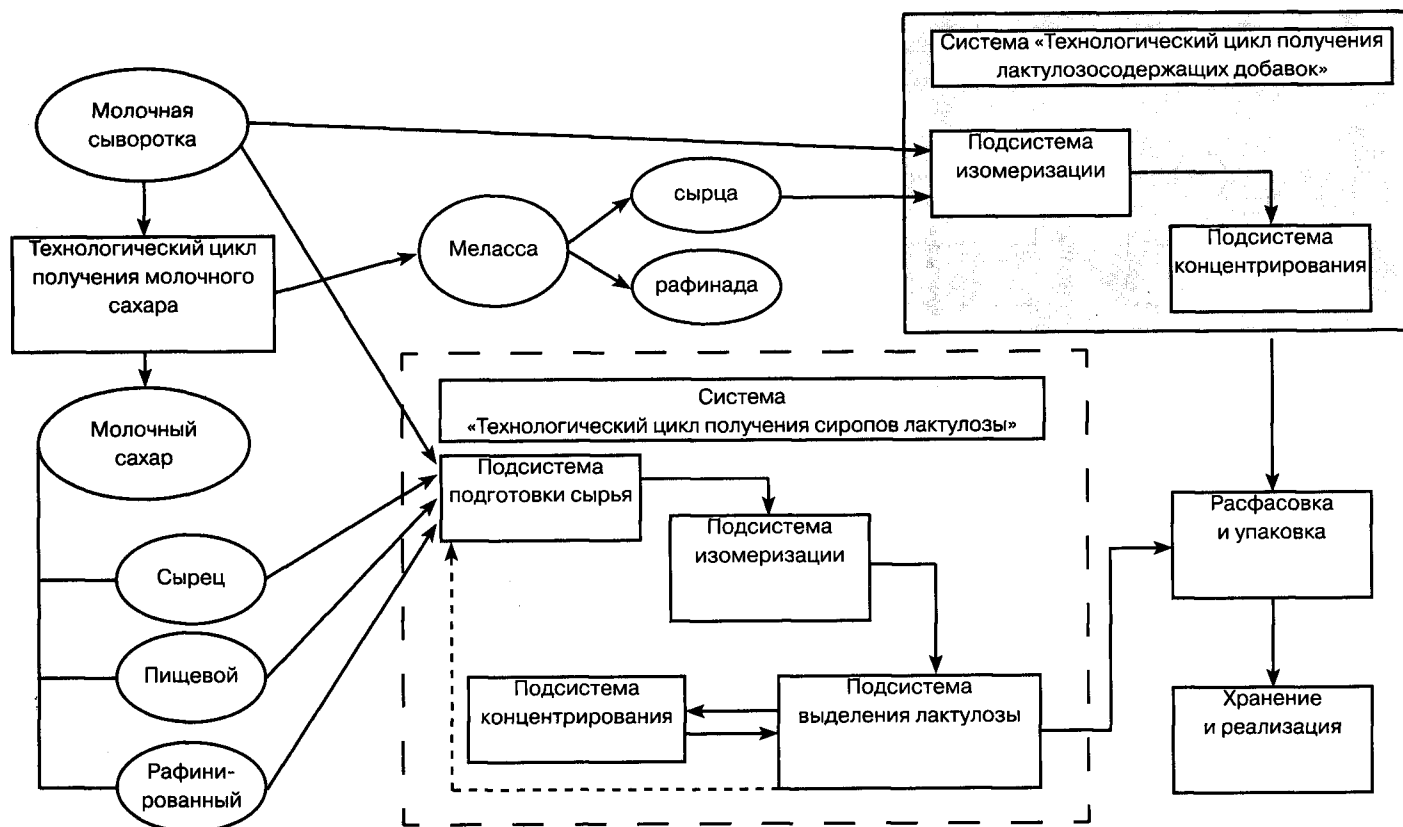


Рис. III.1. Принципиальная схема получения лактулозы из различного сырья

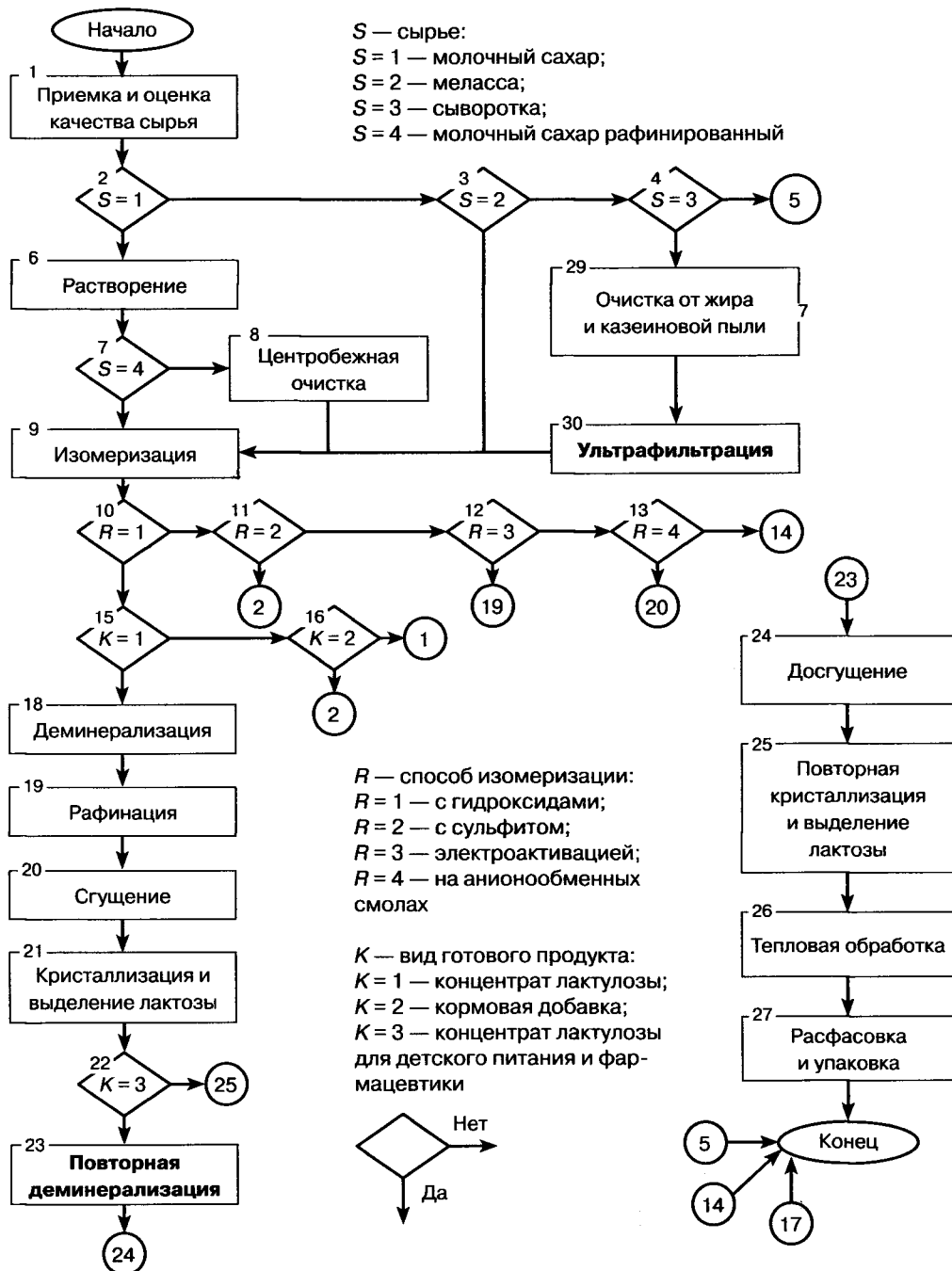


Рис. III.2. Объединенная блок-схема алгоритма «Технологическая система получения сиропов лактулозы заданного уровня качества»

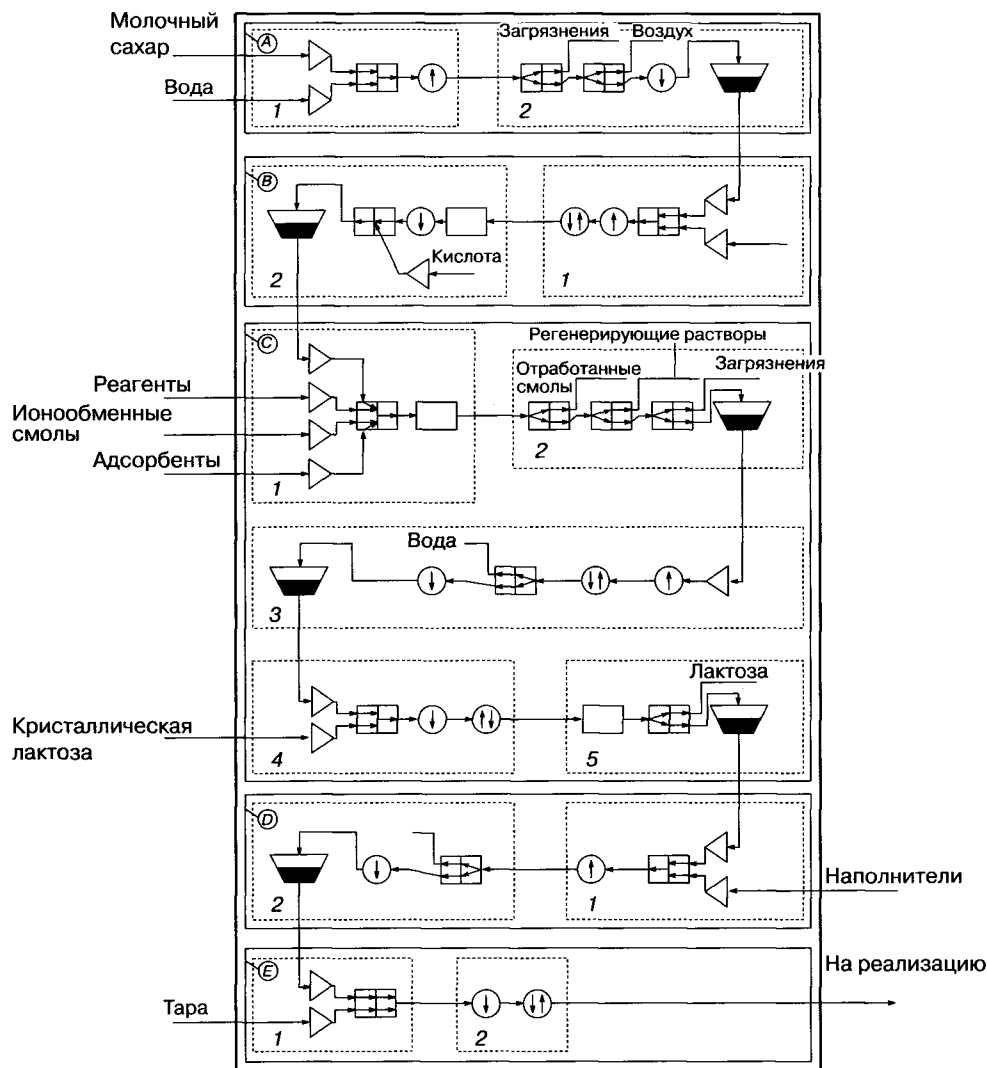


Рис. III.3. Операторная модель производства лактулозы. А — подсистема подготовки сырья, имеющая операторы: 1 — растворение; 2 — очистка; В — подсистема изомеризации лактозы в лактулозу, имеющая операторы: 1 — внесение катализаторов; 2 — термостатирование и нейтрализация; С — подсистема выделения лактулозы из реакционной смеси, имеющая операторы: 1 — внесение реагентов и выдержка; 2 — отделение реагентов и очистка (выделение отработанных реагентов); 3 — сгущение; 4 — кристаллизация лактозы; 5 — выделение кристаллической лактозы; D — подсистема сушки раствора лактулозы, имеющая операторы: 1 — внесение наполнителей; 2 — сушка и охлаждение; E — подсистема фасовки и охлаждения готового продукта, имеющая операторы: 1 — фасовка; 2 — охлаждение и промежуточное хранение.

пример, оптимальные режимы изомеризации зависят от вида сырья, определены в результате экспериментальных исследований и сведены в табл. III.1.

Таблица III.1. Режимы реагентной изомеризации во вторичном молочном сырье

Вид сырья	Концентрация реагента, %	Температура, °С	Время выдержки, мин	S_v , %
Сыворотка подсырная	0,4÷0,6	75÷80	30÷40	25÷28
Сыворотка творожная	0,8÷1,0	65÷70	20÷30	16÷18
Меласса сырца	1,8÷2,3	85÷90	30÷35	30÷33

В соответствии с современной концепцией создания технологий структура системы на практике реализуется в виде отдельных аппаратурно-процессовых блоков, элементы которых могут переключаться в зависимости от заданного уровня качества готового продукта. Для аппаратурного оформления процессов получения сиропов лактулозы может быть использовано стандартное, использующееся в молочной промышленности и выпускаемое отечественными предприятиями оборудование.

Воспроизводимость параметров и их соответствие требованиям устойчивого функционирования разработанных технологических систем высоких технологий лактулозы подтверждена в ходе опытно-промышленных выработок на пилотных модулях и промышленной апробации. Результаты работы реализованы в отраслевых нормативных документах в соответствии с ТР по ФЗ № 88.

Именно в таком алгоритме логистической последовательности излагаются инновационные технологии продуктов из/на основе молочной сыворотки (глава 16 — напитки, сгущенные и сухие концентраты); ее компонентов (глава 17 — казеиновая пыль, молочный жир, сывороточные белки, молочный сахар и др.); и их производных (глава 18 — гидролизаты лактозы и белков, лактулоза, биопроизводные).

Глава 16

Продукты с полным использованием сухих веществ молочной сыворотки

16.1. Общие положения

Исходя из логики состава молочной сыворотки, вполне естественным является использование всех ее составляющих: липидного, азотсодержащего, углеводного комплексов, биологически активных веществ — витаминов, ферментов, макро- и микроэлементов (минеральный комплекс) и, безусловно, воды. В идеале — это напитки. Именно с них всегда начинается рассмотрение технологических аспектов использования молочной сыворотки после ее первичной обработки — кондиционирования. Эта же цель реализуется при концентрировании молочной сыворотки до сгущенных и сухих продуктов. В такой последовательности рассмотрим технологии обозначенных групп продуктов с акцентом на инновационную составляющую.

16.2. Альтернативные варианты технологии тонизирующих напитков

В принципиальном плане представляется, что молочная сыворотка самой природой предназначена для употребления (питья или выпаивания) всем млекопитающим, как источник биологически синтезированной воды и природой данных нутриентов. Не зря в притче о сатрапе и узнике имеется вариант выживания второго за счет «пития» без пищи — это была молочная

сыворотка. В принципе, для обеспечения функции ЖКТ каждому человеку, не имеющему противопоказаний, целесообразно, если верить Стивену Луффу [1], начинать день со стакана молочной сыворотки. А это напиток.

В настоящее время в отрасли известны и производятся сотни наименований напитков из молочной сыворотки и с использованием ее компонентов. Менее известны напитки с производными компонентов — их жизненный цикл только начинается. Систематизацию напитков из молочной сыворотки, как основного вида лактозосодержащего сырья, с презентацией альтернативных вариантов провел В. Е. Жидков [2, 3, 4].

Информационный файл возможных брендов и линейки напитков на основе молочного сырья в целом, в том числе, и особенно из молочной сыворотки, с положительным девизом «Пейте на здоровье» содержится в специальной монографии [5]. Только вздумайте в перечень групп напитков, которые могут и должны производиться полностью или частично (с совместимыми наполнителями) из молочной сыворотки, с использованием ее компонентов и их производными: коктейли, аперитивы, аустеры, айс-кремы, гоголи-моголи, джулепы, квас молочный, коблеры молочные, крошоны, кремы, пунши, санди, кисели молочные, фizes, флипы, флууты, фраппе, шербеты и эк-ноги. Перечень бесконечен.

Когда-то великий микробиолог молочного дела, докт. техн. наук А. В. Гудков в наших научных дискуссиях во ВНИИМС постоянно высказывал мысль, что априори все кисломолочные продукты должны производиться на основе молочной сыворотки, как идеальной питательной среды. Кажется научная школа моей альма-матер — проф. Н. Б. Гаврилова с коллегами (ОмГАУ) прикоснулась в практическом плане к данной проблематике [6, 7].

Прекрасные работы по проблеме проведены и проводятся во всем мире. Откройте любой журнал по молочному делу в странах с развитой молочной промышленностью или материалы тематических симпозиумов — масса публикаций по напиткам на объекте монографии как доказательство ее феномена. В Бюллетене ММФ с информацией о Первой Международной конференции по молочной сыворотке [8] имеется специальный раздел «Напитки из молочной сыворотки», подготовленный, кстати, нашим соотечественником, канд. техн. наук Э. Ф. Кравченко (ВНИИМС).

К великому сожалению, пока идеализированной модели напитков из молочной сыворотки (равноценной по бренду хотя бы кока-коле) не найдено. Видимо, нужны новые, прорывные (инновационные) решения, опирающиеся на принцип современных информационных технологий в жестких рамках рыночной экономики глобального масштаба. Инженер-информатик-экономист А. В. Жидков, продолжая нашу работу с проф. В. Е. Жидковым и доцентом Г. И. Холодовым [9, 10], предложил концепцию формирования экспертных систем напитков на основе молочной сыворотки в оболочке программы *LaktoWhey* [11]. С согласия аспиранта ЮФУ А. В. Жидкова и его научного руководителя — декана факультета высоких технологий ЮФУ, ген. директора — гл. конструктора КБ «Пьезоприбор» при ЮФУ, докт. техн. наук, проф. А. Е. Панич, кратко излагаются представленные материалы, как имеющие основополагающее значение для информационного обеспечения темы главы.

16.2.1. Экспертная система напитков *LaktoWay* на основе молочной сыворотки

Для анализа процесса переработки молочной сыворотки создана функциональная модель в виде взаимосвязанных диаграмм. При построении диаграмм использован программный продукт *Platinum BPwin 4.0* — современное CASE-средство моделирования бизнес-процессов и систем [12]. Разработанная модель содержит в себе: контекстную диаграмму, диаграммы декомпозиции, диаграммы дерева узлов.

В качестве инструментальной среды для создания экспертной системы с оригинальным брендом *LactoWay* (молочная сыворотка) была выбрана оболочка *CLIPS* [13]. Рабочие варианты использования экспертной системы представлены на рис. 16. 1.

Основные факторы, влияющие на целесообразность и эффективность разработки экспертной системы [14] в решении проблемы полной переработки молочной сыворотки, следующие:

- нехватка специалистов, затрачивающих значительное время для оказания помощи другим;
- выполнение небольшой задачи требует многочисленного коллектива специалистов, поскольку ни один из них не обладает достаточным знанием;
- сниженная производительность, поскольку задача требует полного анализа сложного набора условий, а обычный специалист не в состоянии просмотреть (за отведенное время) все эти условия;
- большое расхождение между решениями самых хороших и самых плохих исполнителей;
- наличие экспертов, готовых поделиться своими знаниями.

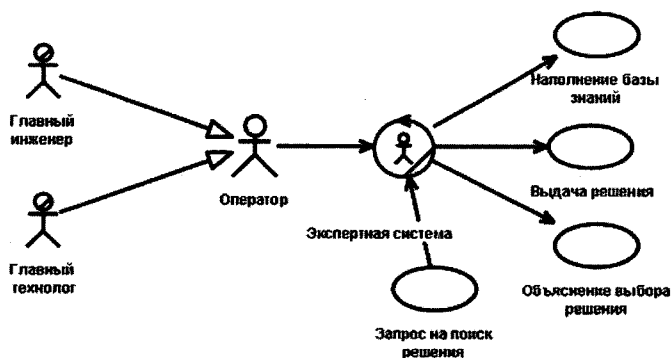


Рис. 16.1. Логика вариантов использования экспертной системы

Процесс разработки экспертной системы, с опорой на традиционные технологии [15], был разделен на шесть этапов (рис. 16.2).

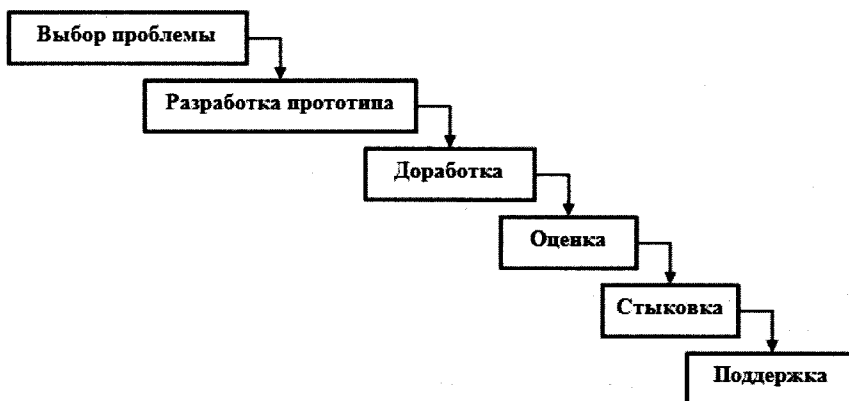


Рис. 16.2. Этапы разработки экспертной системы

После разработки промышленной экспертной системы применительно к условиям молочного комбината «Ставропольский» было проведено ее тестирование в отношении критериев эффективности. Разработка базы знаний экспертной системы *LactoWay* включала несколько этапов. На рис. 16.3 представлена классификация методов извлечения знаний.

Для примера заполненная экспертом опросная карта представлена в табл. 16.1.

Таблица 16.1. Экспертная опросная карта

Вид напитка	Творожная сыrovотка	Подсырная сыrovотка	Казеиновая сыrovотка	Сахар	Соль	Томатная паста	Ванилин	Краситель	Отвар кориандра	Лимонная кислота	Аскорбиновая кислота	Углекислота	Тартразин «Ф»	Настойка апельсиновая	Настойка лимонная	Настой мят	Настой полыни	Настой кукурузных рылец	Хлебный экстракт	Дрожжевая закваска	Молочная закваска
Сыворотка молочная пастеризованная	+																				
Напиток с сахаром	+			+																	
Напиток с ванилином	+			+			+														
Напиток с кориандром	+			+					+												
Напиток с томатным соком	+				+	+															
Напиток «Любительский»	+				+	+		+		+		+									
Напиток «Столовый»	+									+	+										
Напиток «Березка»	+			+			+			+		+	+	+	+						
Напиток «Полевой»	+			+						+						+	+	+			
Квас «Новый»	+	+		+															+	+	
Напиток «Прохлада»	+	+		+																+	+
Квас молочный	+	+		+																+	
Напиток ацидофильно-дрожжевой	+	+		+																	+
Квас молочный окрошечный	+	+																			+
Напиток «Здоровье»	+	+	+																		+

Обобщенная синтаксическая структура поля знаний может быть представлена как [16]:

$$P_z = (I, O, M), \quad (16.1)$$

где I — структура исходных данных, подлежащих обработке и интерпретации в экспертной системе;

O — структура выходных данных, т. е. результата работы системы;

M — операциональная модель предметной области, на основании которой происходит модификация I в O .

Включение компонентов I и O в P_z , обусловлено тем, что составляющие и структура этих интерфейсов неявно присутствуют в модели репрезентации в памяти эксперта.



Рис. 16.3. Классификация методов извлечения знаний

Операционная модель M может быть представлена как совокупность концептуальной структуры S_k , отражающей понятийность предметной области, и функциональности S_f , моделирующей схему рассуждений эксперта:

$$M = (S_k, S_f), \quad (16.2)$$

где S_k выступает как статическая, неизменная составляющая P , в то время как S_f представляет динамическую, изменяемую составляющую.

Формирование S_k основано на выявлении понятийной структуры предметной области. Исходя из вышеизложенного, можно построить концептуальную модель представления знаний для реализации безотходной технологии переработки молочной сыворотки (рис. 16. 4).

Для разработки экспертной системы *LactoWay* использовалась Windows-версия среды CLIPS 6.10. Windows-версия среды CLIPS полностью совместима с базовой спецификацией языка. Ввод команд осуществляется непосредственно в главное окно CLIPS (рис. 16. 5).

На рис. 16.6 представлена общая структура экспертной системы. При разработке экспертной системы на основании концептуальной модели поля знаний и модели условного обозначения правила, была разработана физическая модель базы знаний экспертной системы *LactoWay* (рис. 16.7), которая представляет собой изображение последовательности выполняемых правил.

Экспертная система *LactoWay* предназначена для управленцев всех уровней. Для первоначальной загрузки экспертной системы пользователю предлагается так называемое стартовое меню — *main-menu*. Эта система меню предоставляет возможность пользователю выбрать возможные варианты применения экспертной системы (рис. 16.8).

Для того чтобы запустить экспертную систему, достаточно выполнить команду *Execution — Reset* и команду *Execution — Run*, или ввести в командной строке программы (*reset*) (*run*) (рис. 16.9).

Для примера ниже приведена технологическая платформа и продуктовый расчет напитка «Здоровье» (рис. 16.10).

Для нормальной работы информационной подсистемы *LactoWay* необходимы:

- процессор с тактовой частотой 133 МГц и выше;
- объем оперативной памяти от 16 до 128 Мбайт (в зависимости от установленной операционной системы);

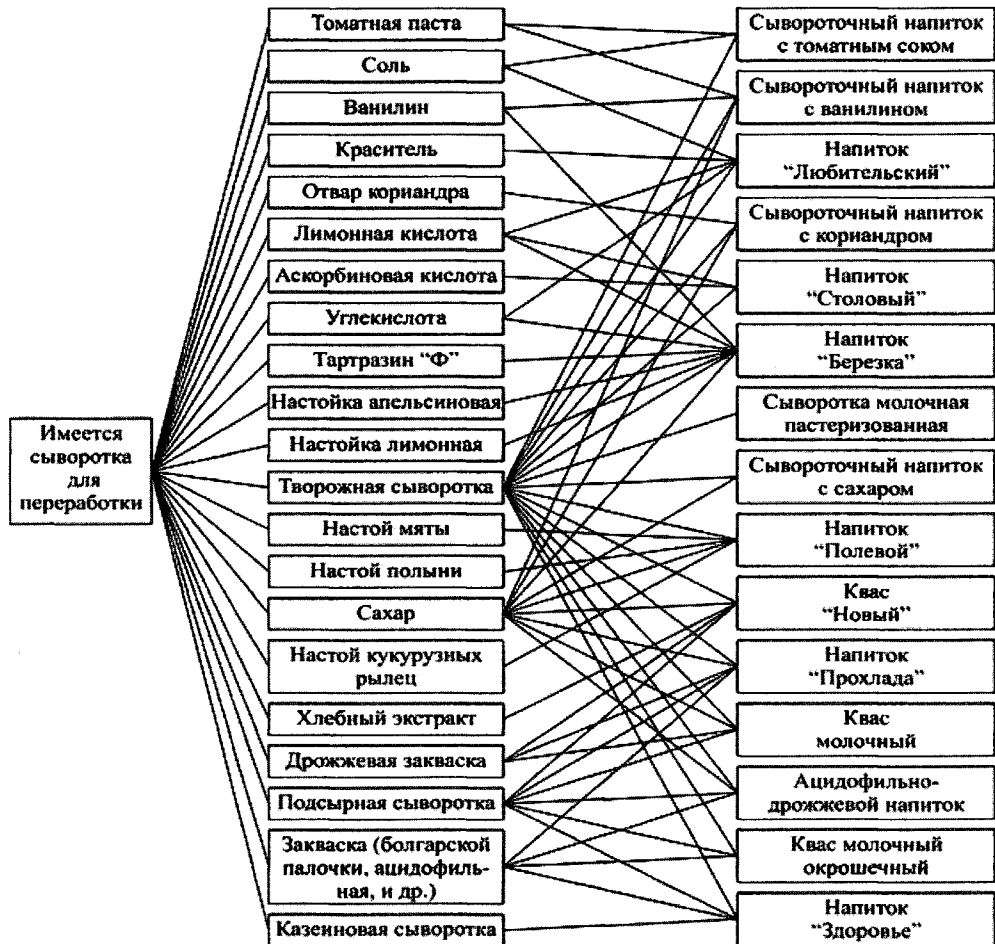


Рис. 16.4. Концептуальная модель поля знаний

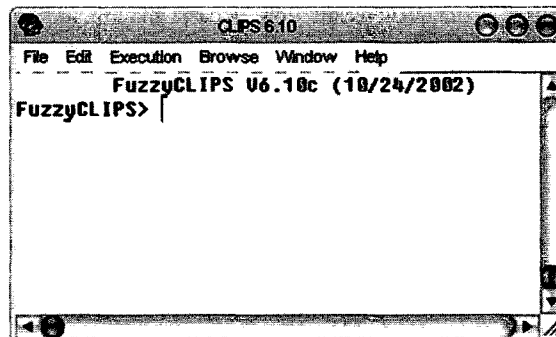


Рис. 16.5. Главное окно программы CLIPS

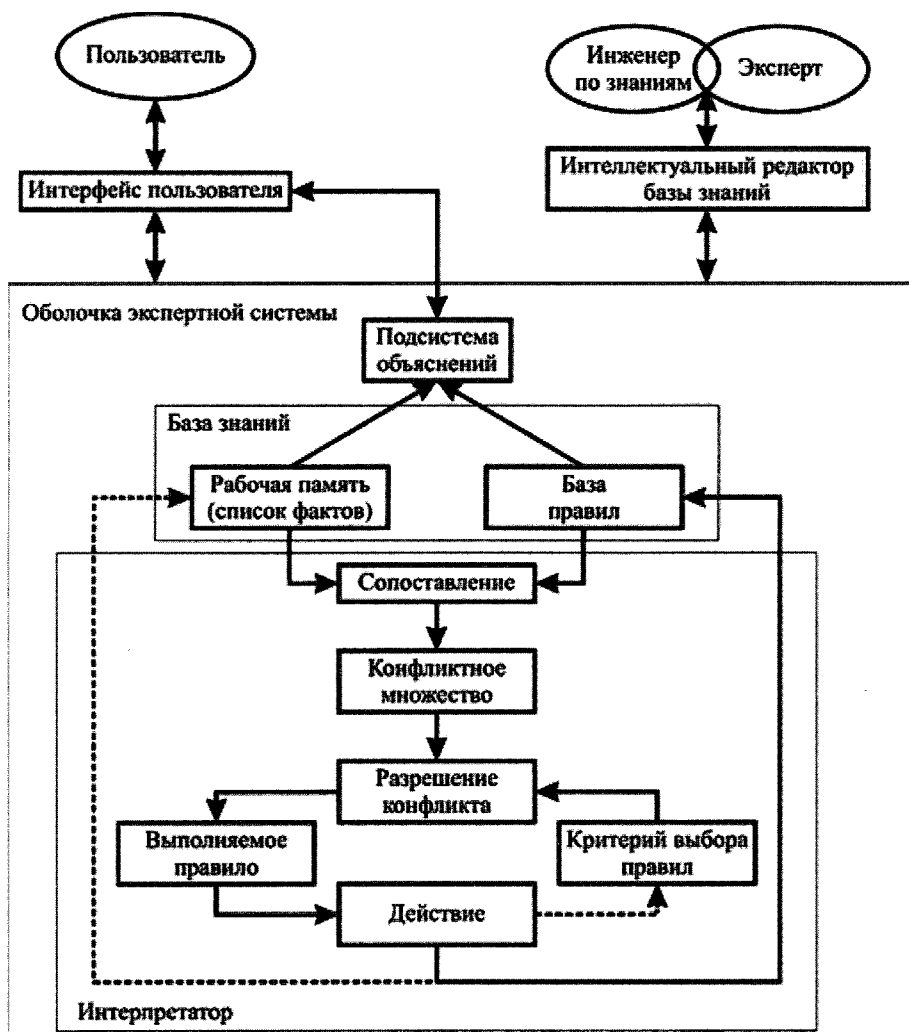


Рис. 16.6. Общая структура экспертной системы

- свободного места на диске должно быть не менее 2 Мбайт для установки экспертной системы, а учитывая объем, занимаемый операционной системой — от 200 Мбайт (для Windows 98) до 1,5 Гбайт (для Windows XP);
- желателен монитор с диагональю 15 дюймов и выше с разрешением экрана 800×600 точек;
- обязательным является наличие клавиатуры, манипулятора «мышь», принтера с возможностью печати документов формата А4.

На практике экспертная система стабильно работала на компьютере P-133, ОЗУ — 4 Мбайта, объем жесткого диска 40 Мбайт, под управлением операционной системы ASP Linux 9.2. Суммарные затраты на создание информационной подсистемы *LactoWay* составили (в ценах 2005 г) 29 493,04 руб. Расчет технико-экономической эффективности информационной подсистемы *LactoWay* показал, что повышение оперативности принятия решений увеличилось

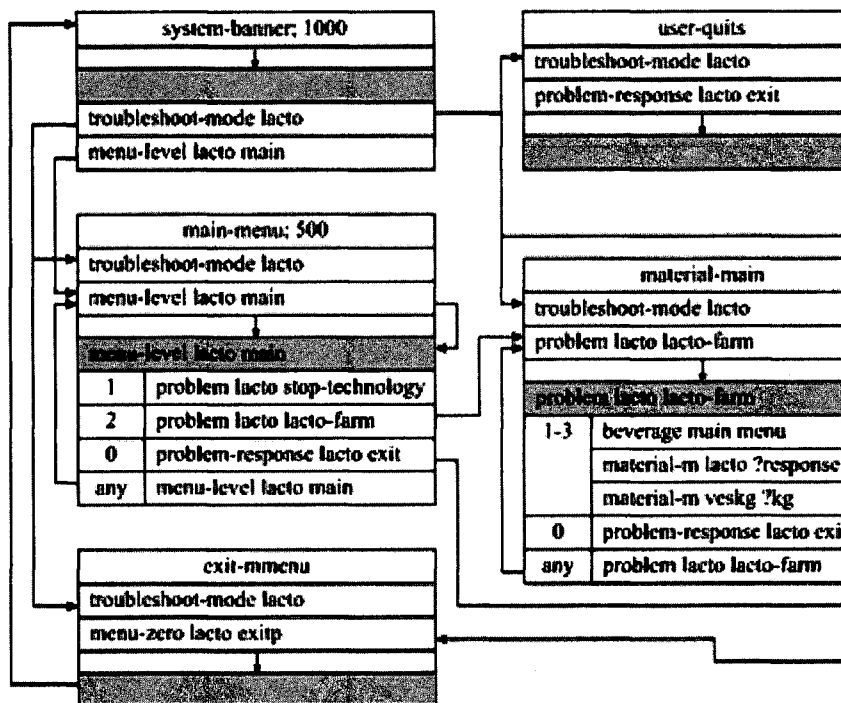


Рис. 16.7. Физическая модель базы знаний

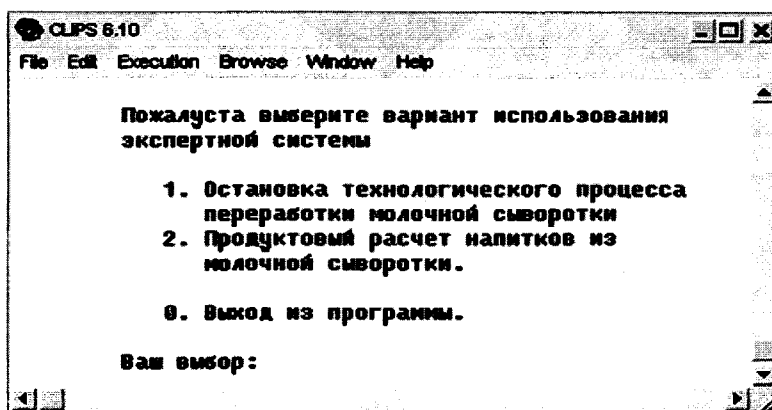
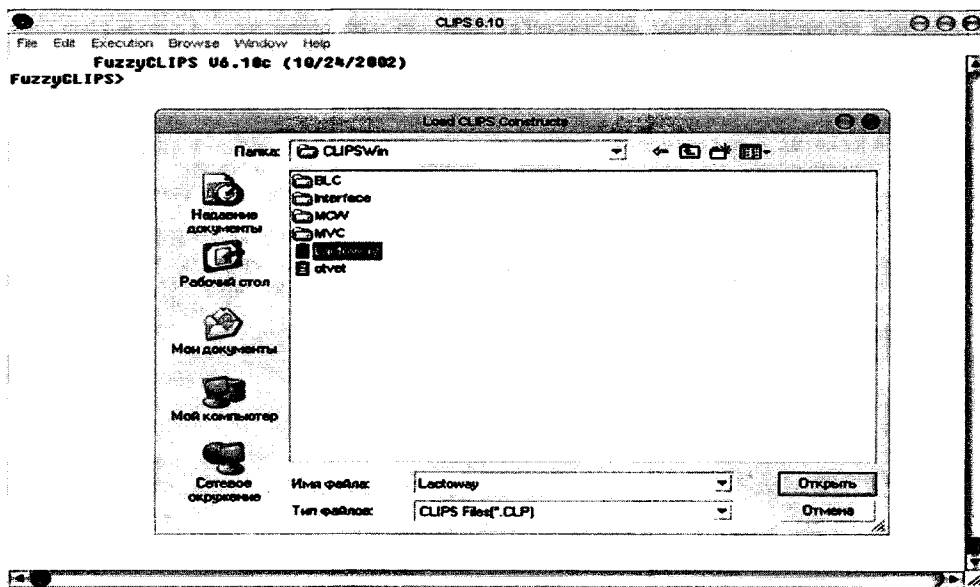


Рис. 16.8. Главное меню экспертной системы

Рис. 16.9. Запуск экспертной системы *LactoWay*

в 29,3 раза. Годовая экономия при использовании информационной подсистемы *LactoWay* составляет 8836,5 рублей. Расчет времени окупаемости информационной подсистемы *LactoWay* для ОАО «Молочный комбинат Ставропольский» показал, что предложенная информационная подсистема окупит себя за 3,3 года.

Ниже, исключительно для иллюстрации факта феномена использования современных информационных и компьютерных технологий на объекте монографии, приводится выборка из Листинга Программы экспертной системы. В качестве примера взят напиток из молочной сыворотки с сахаром.

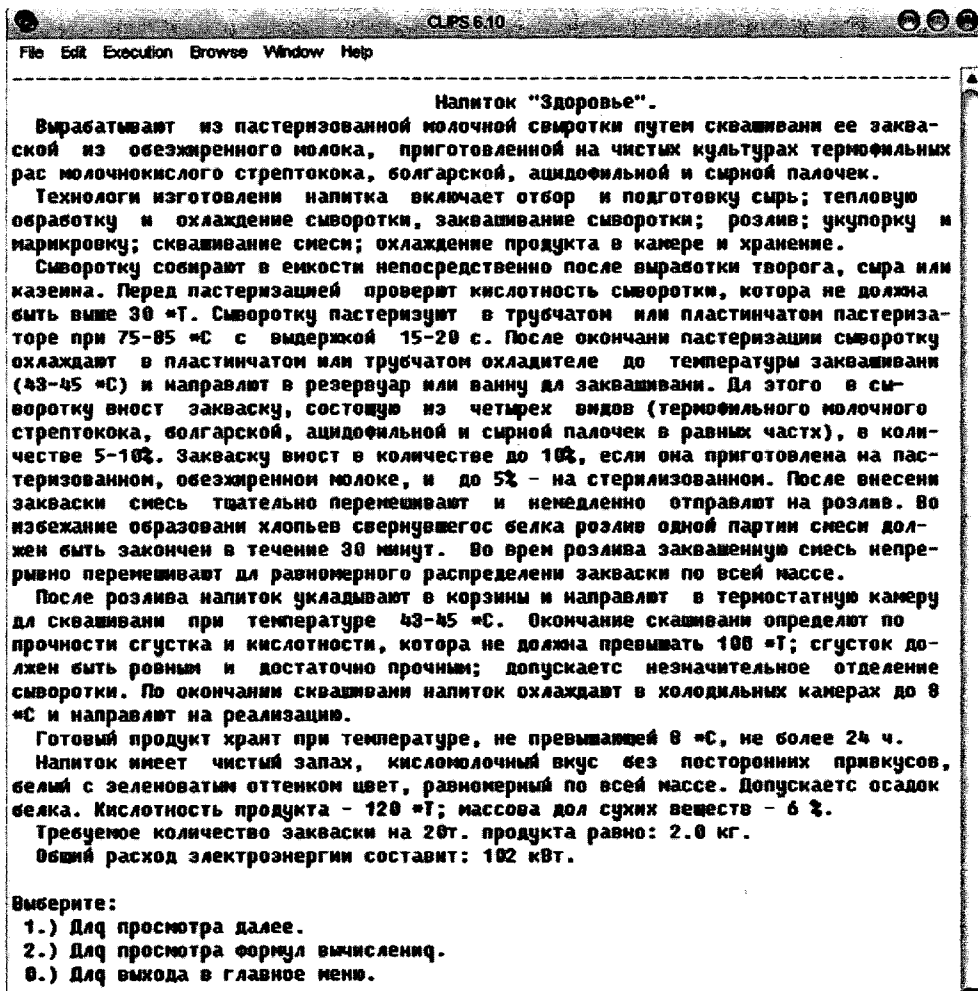


Рис. 16.10. Принятое решение по напитку «Здоровье»

```

(defacts init
(troubleshoot-mode lacto)
(menu-level lacto main))
(defrule main-menu
(declare (salience 500))
(troubleshoot-mode lacto)
?ml <- (menu-level lacto main)
=>
(retract ?ml)
(printout t crlf crlf crlf
"Пожалуйста выберите вариант использования" crlf
"экспертной системы" crlf crlf

```

```

" 1. Остановка технологического процесса" crlf
« переработки молочной сыворотки» crlf
« 2. Продуктовый расчет напитков из» crlf
« молочной сыворотки. » crlf crlf
« 0. Выход из программы.» crlf crlf
" Ваш выбор: ")
(bind?mainmenu (read))
(if (= ?mainmenu 0)
then (assert (problem-response lacto exit))
else
(if (= ?mainmenu 1)
then (assert (problem lacto stop-technology))
else
(if (= ?mainmenu 2)
then (assert (problem lacto lacto-farm))
else (assert (menu-level lacto main))))))
(printout t crlf)
(defrule material-main
(troubleshoot-mode lacto)
?pl <- (problem lacto lacto-farm)
=>
(retract ?pl)
(printout t crlf crlf
" Выберите вид молочной сыворотки:" crlf
« 1. Творожная сыворотка.» crlf
« 2. Подсырная сыворотка.» crlf
« 3. Казеиновая сыворотка.» crlf crlf
« 0. Возврат к главному меню.» crlf crlf
" Ваш выбор: ")
(bind?material (read))
(if (and (>=?material 0) (<=?material 3))
then
(if (= ?material 0)
then (assert (menu-level lacto main))
else (printout t "Введите количество сыворотки в килограммах (целым числом): ")
(bind?kg (read))
(if (and (>?kg 0) (<=?kg 100000))
then (assert (material-m veskg?kg))
(assert (material main menu))
(assert (material-m lacto ?material))
else (assert (problem lacto lacto-farm))))))
(printout t crlf)
(open "otvet.clp" writeFile "w")
(printout writeFile
«-----» crlf
"| ИНФОРМАЦИЯ О ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЯХ|" crlf
" Для переработки имеется ")
(if (= ?material 1) then (printout writeFile "творожная сыворотка в количестве "?kg
" кг." crlf) else
(if (= ?material 2) then (printout writeFile "подсырная сыворотка в количестве "?kg

```

```

" кг. " crlf) else
(if (= ?material 3) then (printout writeFile "казеиновая сыворотка в количестве "?kg
" кг. " crlf) else)))
(printout writeFile
« Из данного вида сырья можно приготовить следующие продукты.» crlf)
(close writeFile))
(defrule beverage-material
(troubleshoot-mode lacto)
(material-m lacto?material)
(material-m veskg?kg)
?mm <- (material main menu)
=>
(retract?mm)
(printout t crlf crlf)
(printout t
" Выберите дополнительные компоненты, участвующие в производстве напитков." crlf
" Сахар." crlf
" Выход в главное меню." crlf crlf
then
then (assert (menu-level lacto exitp))
else (assert (component-m lacto?response))
(if (= ?response 0)
then (assert (yez-run 1))
else (assert (material main menu))))
else (reset) (run)))
(defrule formula
(troubleshoot-mode lacto)
?ls <- (lacto sprav)
?yr <- (yez-run 1)
=>
(retract?yr?ls)
(printout t crlf crlf)
" Формула для вычисления расхода электроэнергии: " crlf
«  $P * (M/\pi * 1000)$  » crlf
«  $Pэ = \frac{P * (M/\pi * 1000)}{\pi}$  » crlf
« Пр » crlf crlf
« где Рэ — расход электроэнергии (кВт); Р — мощность линии (кВт); » crlf
« М — масса сыворотки (кг);  $\pi$  — плотность продукта (кг/м^3); » crlf
« Пр — производительность линии (л/час) » crlf
" Нажмите любую цифру и Enter для просмотра далее " crlf)
(bind?vib (read))
(assert (yez-run 1)))
(defrule lacto-paster
(troubleshoot-mode lacto)
(material-m lacto 1)
(material-m veskg?kg)
(not (beverage-2 1))
?yr <- (yez-run 1)
=>
(retract?yr)

```

```

(open "otvet.clp" writeFile "a")
(printout writeFile
"-----" crlf
" Сывороточный напиток с сахаром." crlf
" Вырабатывают из творожной сыворотки с добавлением сахара. Технология включает" crlf
«сбор обезжиренной творожной сыворотки, фильтрацию, пастеризацию, приготовление» crlf
«сахарного сиропа и смешивание с сывороткой, охлаждение, розлив, хранение.» crlf
« В пастеризованную и охлажденную до 10–12 °С сыворотку вносят сахарный сироп.» crlf
«Его готовят 80 % концентрации. Для этого требуется по рецептуре количество сахар-» crlf
«ного песка заливают водой из расчета 4 части сахара на 1 часть воды, кипятят в» crlf
«течение 3–5 мин, фильтруют и вносят сыворотку. Расход сахара составляет 50 кг на» crlf
«1 т. готового продукта (без учета потерь).» crlf
« Готовый напиток фасуют и хранят при температуре 8 °С не более 48 часов с момента» crlf
«выпуска, в том числе на предприятии изготовителе — не более 24 часов.» crlf
« Продукт представляет собой однородную жидкость с незначительным осадком, вкус» crlf
«сывороточный. Плотность не менее 1030 кг/м3, кислотность — не более 85 °Т, мас-» crlf
«совая доля сухих веществ — 9,5–10,5 %.» crlf
« Требуемое количество сахара на « (round (/?kg 1000)) "т. продукта равно: "
(/(*?kg 50) 1000) " кг." crlf
« Общий расход электроэнергии составит: «
(round (/(* 41 (* 1000 (/?kg 1030))) 5000)) " кВт." crlf crlf
(printout t "Выберите: " crlf
« 1.) Для просмотра далее.» crlf
« 2.) Для просмотра формул вычисления.» crlf
« 0.) Для выхода в главное меню.» crlf crlf
" Ваш выбор: ")
(bind?otvet (read))
(if (=?otvet 0)
then (reset)
(run)
else
(if (=?otvet 2)
then (assert (lacto sprav))
(assert (yez-run 1))
(assert (beverage-22))
else
(if (=?otvet 1)
then (assert (yez-run 1))
(assert (beverage-22))
else (assert (material main menu))))))
(defrule lacto-paster-koriandr
(troubleshoot-mode lacto)
(material-m lacto 1)
(component-m lacto 1)
(component-m lacto 5)
(material-m veskg?kg)
(not (beverage-23))
?yr <- (yez-run 1)
=>
(retract?yr)

```

```
(open "otvet.clp" writeFile "a")
```

```
(printout writeFile
```

```
«-----»
```

```
ctrlf
```

В результате получаем информацию о принятых решениях (*пример*).

Для переработки имеется творожная сыворотка в количестве 10 000 кг.

Из данного вида сырья можно приготовить следующие продукты.

Сывороточный напиток с сахаром.

Вырабатывают из творожной сыворотки с добавлением сахара. Технология включает сбор обезжиренной творожной сыворотки, фильтрацию, пастеризацию, приготовление сахарного сиропа и смешивание с сывороткой, охлаждение, розлив, хранение.

В пастеризованную и охлажденную до 10–12 °С сыворотку вносят сахарный сироп. Его готовят 80 % концентрации. Для этого требуемое по рецептуре количество сахарного песка заливают водой из расчета 4 части сахара на 1 часть воды, кипятят в течение 3–5 мин, фильтруют и вносят сыворотку. Расход сахара составляет 50 кг на 1 т готового продукта (без учета потерь). Готовый напиток фасуют и хранят при температуре 8 °С не более 48 ч с момента выпуска, в том числе на предприятии изготовителе — не более 24 ч.

Продукт представляет собой однородную жидкость с незначительным осадком, вкус сывороточный. Плотность не менее 1030 кг/м³, кислотность — не более 85 °Т, массовая доля сухих веществ — 9,5–10,5 %. Требуемое количество сахара на 10 т продукта равно: 500,0 кг.

Общий расход электроэнергии составит: 80 кВт.

Экспертная система проста в эксплуатации, имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс, что позволяет быстро обучиться работе с ней. Система меню построена таким образом, что у пользователя не возникает проблем с работой.

Как следует из вышеизложенной Программы экспертной системы и технологического аудита по проблематике, особый интерес представляют напитки, синтезированные на основе молочной сыворотки, минеральной воды, айрана и лактулозы, пробиотической направленности (сквашенные) с формированием бренда синбиотиков. Именно эту работу провел в нашем творческом коллективе Ч. М. Батдыев. Ниже изложены результаты его исследований по тематике [17], в которых отражены альтернативные варианты синтеза на основе молочной сыворотки освежающих напитков нового поколения. Безусловно, это не исключает, а наоборот создает платформу, для дальнейших исследований и масштабирования в отрасли.

16.2.2. Оригинальные освежающие напитки на основе молочной сыворотки, айрана и минеральной воды с лактулозой

Ч. М. Батдыев [17, 18, 19] разработал промышленную технологию и рецептуры освежающего напитка на основе пробиотических культур айрана, минеральной воды и молочной сыворотки с пребиотиком лактулозой, обладающих повышенной пищевой ценностью и лечебно-профилактическим действием в отношении желудочно-кишечных заболеваний. Клиническая апробация разработанных напитков проводилась в СКГЦ (Ставропольский краевой геронтологический центр) г. Ставрополя, ДДШ (детский дом — школа) г. Ставрополя, СШИ № 36 (специализированная школа-интернат) г. Ставрополя, ПНИ (психоневрологический интернат) г. Изобильного, Ставропольского края.

Количественный и качественный состав макро- и микроэлементов в среде может быть важным фактором, регулирующим интенсивность и направленность развития микробиологических и биохимических процессов при выработке молочных продуктов. Поэтому изучалось влияние минеральной воды на развитие микрофлоры айрана (рис. 16.11) [17].

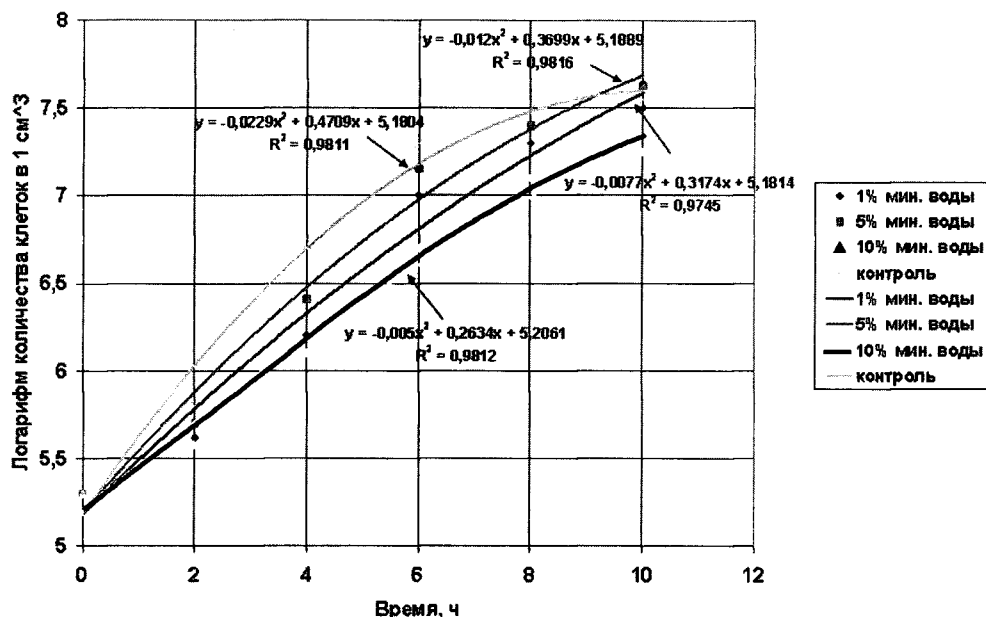


Рис. 16.11. Развитие микрофлоры айрана при добавлении минеральной воды

Накопление микрофлоры в опытных образцах с минеральной водой практически не отличалось от характера их накопления в контроле. Однако в варианте опыта с добавлением 10% минеральной воды наблюдалось снижение количества жизнеспособных клеток. Максимального развития микроорганизмы достигали через 8 ч в опытных образцах с 5% минеральной воды. Из экспериментальных данных следует, что внесение минеральной воды в айран способствовало более быстрому снижению титруемой и повышению значения активной кислотности продукта в опытных образцах по сравнению с контрольными на начальном этапе.

Затем, в опытных и контрольных образцах наблюдалось различие в изменении кислотности. Во всех вариантах опыта с добавлением минеральной воды прирост титруемой кислотности был несколько ниже, чем в контроле. Если к концу эксперимента в контрольных образцах он составил 110 °Т, то в опытных с 1; 5; и 10% минеральной воды — соответственно 102, 86, и 74 °Т. Чем больше были массовые доли вносимой минеральной воды, тем ниже титруемая кислотность в конце эксперимента. На рис. 16.12 представлена кинетика нарастания титруемой кислотности в контрольном и опытных образцах с добавлением 1; 5 и 10% минеральной воды [17].

Снижение значения активной кислотности происходило интенсивнее в контроле, чем в опытных образцах. Через 10 часов в контроле изменение рН составило 2,21, а в образцах с 5 и 10% минеральной воды приводит к снижению значений активной кислотности в опытных образцах на 2,15 и 2,0 соответственно (рис. 16.13) [17]. Очевидно, это связано с тем, что применяемая в исследованиях минеральная вода, относящаяся к хлоридно-гидрокарбонатной натриевой, обладает определенной буферной емкостью, которая в свою очередь оказывает влияние на величину титруемой кислотности. Следовательно, внесение минеральных компонентов «Нарзана» в айран в количестве от 1 до 5% существенного влияния на развитие молочнокислой микрофлоры айрана не оказало по сравнению с их развитием в контрольном варианте опыта.

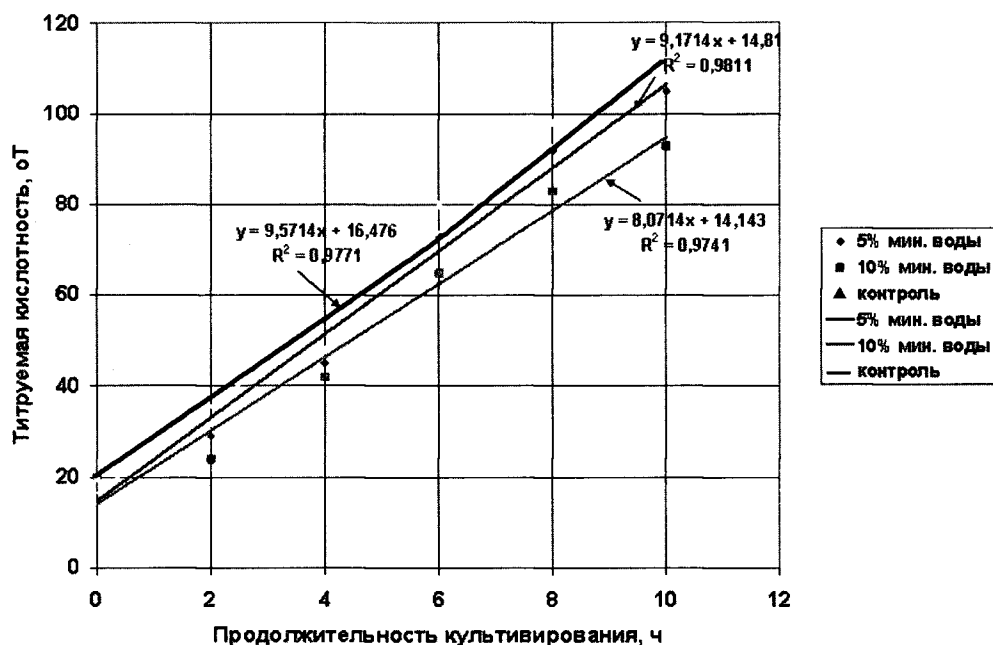


Рис. 16.12. Изменение кислотообразующей способности айрана с добавлением минеральной воды

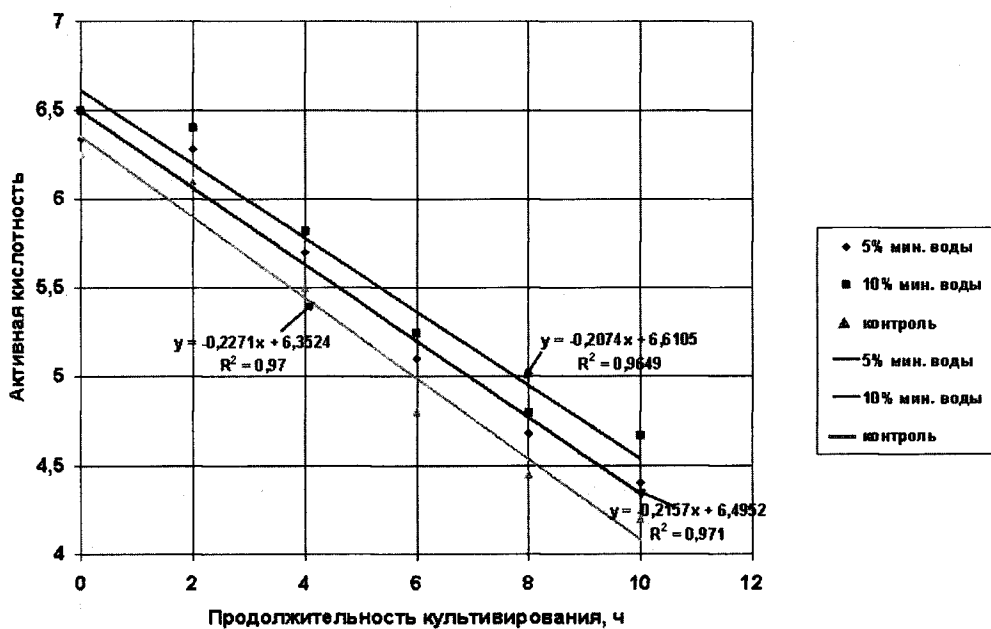


Рис. 16.13. Изменение pH айрана при добавлении минеральной воды

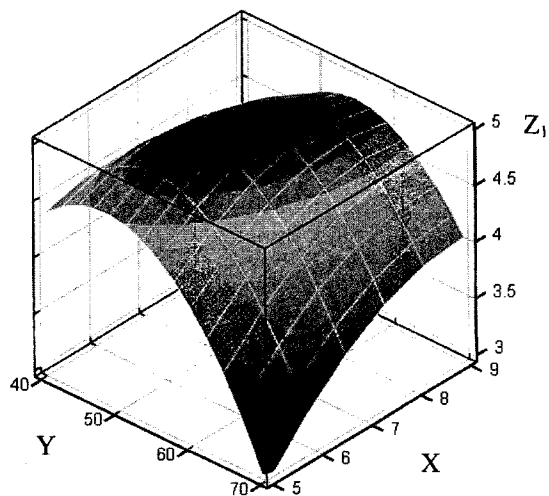


Рис. 16.14. Поверхность отклика органолептических показателей напитка (Z_1) при влиянии содержания минеральной воды (X) и подсырной сыворотки (Y) при фиксированном содержании айрана 40%

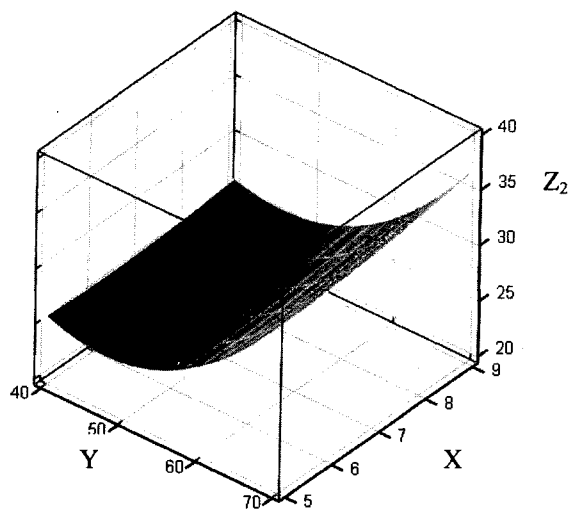


Рис. 16.15. Поверхность отклика синерезиса в напитке (Z_2) при влиянии содержания минеральной воды (X) и подсырной сыворотки (Y) при фиксированном содержании айрана 40%

Отмечено некоторое увеличение общего количества микроорганизмов в варианте с добавлением 5 % минеральной воды. Учитывая тот факт, что минеральная вода в массовых концентрациях более 7 % ингибирует рост микрофлоры в айране, можно использовать ее в качестве минерального компонента в составе кисломолочного напитка в концентрациях от 5 до 7 %.

Таким образом, минеральная вода может использоваться в качестве минерального компонента в составе освежающего напитка в концентрации 5–7 %. Дальнейшее повышение ее концентрации ингибирует рост микрофлоры в айране. Повышение дозы сыворотки в напитке до 50 % стимулирует рост бактерий и способствует интенсификации молочнокислого процесса в продукте. Целесообразно использование лактулозы в составе освежающего напитка в качестве бифидогенного фактора в физиологической дозе 1 % (сиропа лактулозы 3 %). Изучено влияние многофакторной системы компонентов на органолептические показатели и синерезис в напитке (рис. 16.14, 16.15) [17].

Установлен оптимальный состав освежающего напитка из молочной сыворотки: содержание айрана 40 %, минеральной воды 7 %, сыворотки 50 % и сиропа лактулозы 3 %. При этом соотношении компонентов продукт обладает наилучшими органолептическими и физико-химическими показателями. Анализ поверхностей отклика позволил установить оптимальные параметры компонентного состава напитка: айрана — 40 %, минеральной воды — 7 %, подсырной сыворотки — 53 %.

Результаты микробиологических исследований айрана непастеризованного и пастеризованного, сыворотки подсырной, минеральной воды, напитков с айраном непастеризованным и пастеризованным приведены в табл. 16.2 [17]. Исследована хранимоспособность освежающих напитков. Установлены оптимальные режимы и сроки годности напитков в течение 20 суток при температуре от 4 до 6 °С. С целью улучшения стойкости напитков, подобран стабилизатор *GRINDSTED pectin AMD 780*, который связывает свободную влагу, предотвращая отделение сыворотки.

Таблица 16.2. Микробиологические показатели компонентов и готовых напитков

Наименование образцов	Микробиологические показатели в 1 см ³			
	КМАФАнМ	Количество молочнокислых микроорганизмов	БГКП	Дрожжи/плесени
Айран непастеризованный	$4,25 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^7$	0,01/+	$5,14 \cdot 10^6$ /не выяв.
Айран пастеризованный	Не выяв.	Ед. клет.	Не выяв.	Не выяв./не выяв.
Сыворотка подсырная	$5,17 \cdot 10^3$	—	0,1/+	10/10
Вода минеральная	Не выяв.	Не выяв.	1,0/+	Не выяв./не выяв.
Непастеризованный айран + сыворотка подсырная + вода минеральная	$3,99 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	0,01/+	$3,1 \cdot 10^4$ /не выяв.
Пастеризованный айран + сыворотка подсырная + вода минеральная	Не выяв.	До 100 кл.	0,1/+	Не выяв./не выяв.

Определены физико-химические, структурно-механические, микробиологические и органолептические показатели освежающих напитков, которые в сводном виде приведены в табл. 16.3–16.5 [17].

Таблица 16.3. Физико-химические показатели выработанных напитков

Вид напитка	Плотность, кг/м ³	Массовая доля жира, %	Кислотность, °Т	Температура при выпуске с предприятия, °С	Фосфатаза
Питьевой «Биобактон»	1025	1,2	100	6	Отсутствует
Питьевой Аперитив «Биобактон» соленый	1023	0,3	90	6	Отсутствует
Прохладительный «Айран» с минеральной водой	1023	0,8	110	6	Отсутствует
Прохладительный «Сусаб» с минеральной водой, соленый	1023	0,8	110	6	Отсутствует
Прохладительный газированный «Физ»	1023	0,8	150	6	Отсутствует

Таблица 16.4. Микробиологические показатели напитков

Наименование показателя	Норма для напитков
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/см ³ (для Биобактона, Аперетива, Айрана с минеральной водой)	$1 \cdot 10^7$
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/см ³ (для Сусаба, Физа)	$1 \cdot 10^5$
БГКП (колиформы) (для Биобактона, Аперетива, Айрана с минеральной водой)	0,1
Масса продукта (г), в которой отсутствуют:	
БГКП (колиформы) (для Коктейля, Джулепа с женьшенем, Сусаба, Физа, Кваса, Для окрошки)	0,01
Патогенные (в том числе сальмонеллы)	25
<i>S. aureus</i>	1,0
<i>L. monocitogenes</i>	Нет
Дрожжи и плесени, КОЕ/г (для Айрана, Сусаба, Физа)	40

Таблица 16.5. Органолептические показатели напитков

Наименование показателей	Характеристика напитков
Внешний вид и консистенция	Однородная консистенция
Вкус и запах	Чистый, кисловатый, или сладковатый, или солоноватый, или иной другой с выраженным привкусом и запахом внесенных ингредиентов
Цвет	От белого до светло желтого или обусловленный цветом внесенного наполнителя

В табл. 16.6 показана пищевая и энергетическая ценность разработанных напитков (на 100 г напитка).

Таблица 16.6. Показатели пищевой и энергетической ценности напитков

Наименование напитка	Пищевая ценность			Энергетическая ценность, ккал
	Белок, г	Жир, г	Углеводы, г	
«Биобактон» питьевой	1,7	1,7	3,9	38
«Биобактон» сладкий	1,7	1,7	4,1	38
«Коктейль Биобактон»	1,2	1,2	5,7	38
«Аперитив» Биобактон»	1,3	1,3	6,3	42
«Аперитив» Биобактон» сладкий	1,3	1,3	6,5	43
«Аперитив» Биобактон» соленый	1,3	1,3	6,3	42
«Джулеп» с лактулозой	0,8	0,6	7,5	39
«Джулеп» мятный	0,8	0,6	7,3	38
«Джулеп» мятный сладкий	0,9	0,6	4,4	27
«Джулеп» с лечебными травами	0,8	0,3	7,2	35
«Джулеп» ягодный	0,7	0,3	15,3	67
«Джулеп» с лимоном	0,5	0,2	4,4	21
«Джулеп» с пряностями	0,7	0,3	15,4	67
«Айран» с мин. водой	2,1	1,8	3,2	37
«Сусаб» соленый с мин. водой	1,7	1,3	3,2	31
«Физ» газированный	1,2	0,8	2,9	24
«Для крошки»	0,8	0,4	4,2	24
«Квас» кисломолочный	0,8	0,4	4,3	24

Системология линейки предлагаемых напитков по содержанию молочной сыворотки показана на рис. 16.16 [18].

Установлены оптимальные технологические параметры производства. Изучен состав, пищевая и биологическая ценность напитков. Белок напитков хорошо сбалансирован по всем незаменимым аминокислотам, скор по которым равен более 100%. Установлено, что новые виды освежающих сывороточно-кисломолочных напитков обладают ярко выраженной антагонистической активностью по отношению к патогенным штаммам *E. coli*.

По результатам исследований и производственной проверки разработаны рецептуры и технологическая схема производства освежающих напитков. Технологический процесс производства напитков осуществлялся в следующей последовательности:

- приемка и подготовка сырья;
- фильтрация, пастеризация и охлаждение сыворотки;
- внесение компонентов, перемешивание;
- доохлаждение;
- розлив;
- упаковка и маркировка, хранение готового продукта.

На рис. 16.17 приведена принципиальная схема производства напитков.

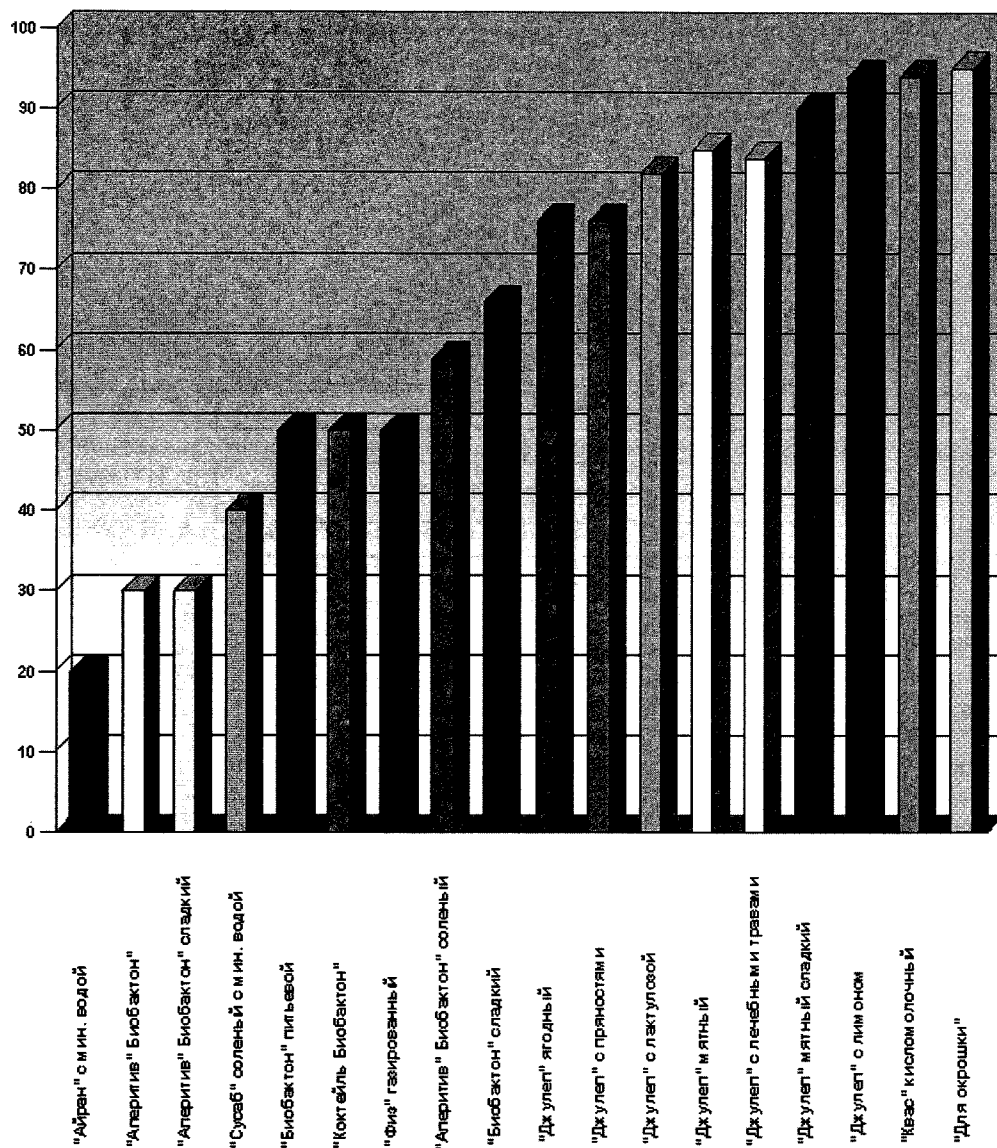


Рис. 16.16. Содержание сыворотки в напитках

Для вычисления аминокислотного сора использовали способ расчета, разработанный и рекомендованный Комитетом ФАО/ВОЗ [20]. В табл. 16.7 представлен аминокислотный сора напитка и обезжиренного молока.

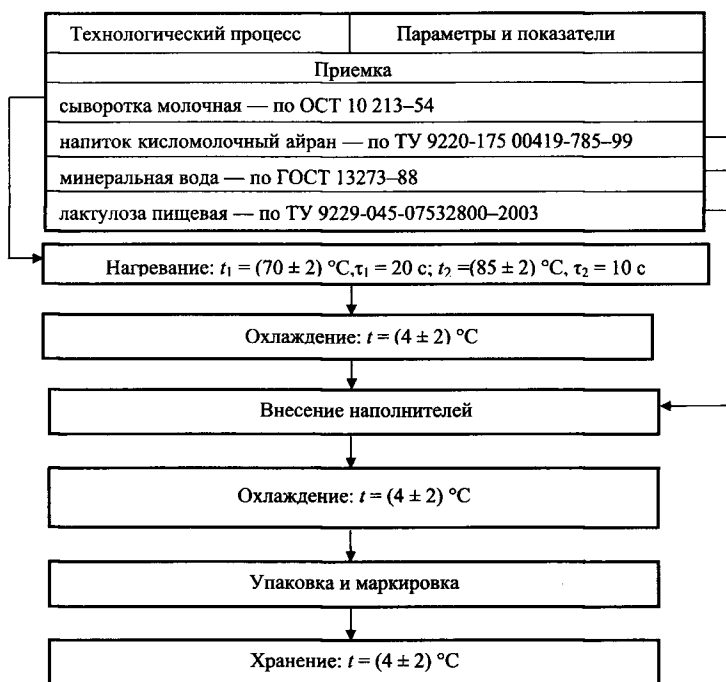


Рис. 16.17. Принципиальная схема производства напитков

Таблица 16.7. Аминокислотный скор напитка

Аминокислоты	Химический скор, %	
	Напиток	Обезжиренное молоко
Валин	112	119
Изолейцин	145	124
Лейцин	116	110
Лизин	149	143
Метионин + цистин	122	97
Треонин	99	11
Фенилаланин + тирозин	127	146

Белок обезжиренного молока лимитирован по метионину + цистину, скор которых составляет 97%. В напитке существует небольшой лимит по треонину. Скор по метионину-цистину в напитке повысился с 97 до 122%. В целом, содержание в продукте большинства незаменимых аминокислот выше стандартных значений их содержания в «идеальном белке». Поэтому с точки зрения биологической ценности белков, белки разработанного кисломолочного напитка являются важным источником незаменимых аминокислот в питании человека.

Разработанная технология адаптирована к современной системе качества ХАССП. Перечень критических контрольных точек (ККТ) для схемы производства кисломолочного напитка приведен в табл. 16.8 [17].

Таблица 16.8. Перечень критических контрольных точек для схемы производства кисломолочного напитка на основе молочной сыворотки

ККТ	Наименование операции технологического процесса	Наименование контрольных параметров
ККТ 1	Операция 1.17	КМАФАнМ, БГКП, дрожжи, плесневые грибы
ККТ 2	Операция 1.21	БГКП
ККТ 3	Операция 1.28	БГКП
ККТ 4	Операция 1.30	БГКП, дрожжи, плесневые грибы
ККТ 5	Операция 1.32	БГКП, дрожжи, плесневые грибы
ККТ 6	Операция 1.34	БГКП, дрожжи, плесневые грибы
ККТ 7	Операция 1.38	БГКП
ККТ 8	Операция 1.40	БГКП, дрожжи, плесневые грибы

Экономическая эффективность производства нового напитка (цены 2007 г.) отражена в табл. 16.9 [17].

Таблица 16.9. Калькуляция себестоимости 1 т напитка

Наименование статей затрат	Сумма затрат, тыс. руб.	
	Тан-Айран	Айран с минеральной водой
Сырье и основные материалы	7,477	6,11
Возвратные отходы (ВМО)	—	—
Итого сырье и основные материалы за вычетом отходов (ВМО)	7,477	6,11
Вспомогательные материалы	0,082	0,067
Транспортно-заготовительные расходы	0,149	0,122
Топливо и энергия на технологические цели	0,3	0,3
Тара и упаковочные материалы	2	2
Основная заработная плата	0,04	0,04
Отчисления во внебюджетные фонды	0,0146	0,0146
Общезаводские расходы	0,04	0,04
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	0,032	0,032
Производственная себестоимость	10,1346	8,7256
Внепроизводственные расходы	0,152	0,131
Полная себестоимость	10,2866	8,8566
Прибыль балансовая	3,5314	4,9614
Налог на прибыль	0,8475	1,191
Чистая прибыль	2,6839	3,7704
Цена без НДС	13,818	13,818
НДС (10%)	1,382	1,382
Оптовая цена	15,2	15,2
Рентабельность, %	26	42

На основании опытно-промышленной выработки сыровоточных напитков на ОАО «Вита» г. Железноводска были проведены маркетинговые исследования. Образцы 7 видов напитков всех двух основных групп были представлены для открытой дегустации через фирменную торговую сеть. Все представленные напитки получили положительную оценку. Наилучшие результаты показали: напиток из молочной сыворотки «Айран с минеральной водой», коктейль молочно-фруктовый «Биобактон» и «Джулеп» ягодный. Поскольку данные виды товара являются новыми на российском рынке для их маркетингового продвижения целесообразно использовать систему ФОССТИСС (формирование спроса + стимулирование сбыта).

Обобщая все вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что в свете сложившихся тенденций новые разработки в области напитков на основе молочной сыворотки, фруктовых соков и минеральной воды являются востребованными.

16.2.3. Линейка напитков «Био-Ритм»

Компания ООО «Вильд-Россия» предложила бренд «Био-Ритм» по производству оригинальных напитков на основе молочной сыворотки.

В зависимости от применяемой пищевой сокодержательной добавки напитки на основе молочной сыворотки вырабатывают следующих видов:

- напиток на основе молочной сыворотки «Грейпфрут»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Яблоко»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Малина»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Ананас»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Абрикос»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Апельсин»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Яблоко-клубника»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Груша»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Вишня»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Лимон»;
- напиток на основе молочной сыворотки «Персик».

Для выработки напитка используют сырье и материалы, отвечающие требованиям действующих стандартов, утвержденных в установленном порядке, и разрешенных к применению органами Госсанэпиднадзора РФ, в том числе:

- сыворотку молочную, полученную при производстве творога и сыра;
- сахар-песок стандартный;
- натуральные пищевые сокодержательные (не менее 10 % сока в готовом продукте) добавки производства фирмы *Wild* (Вильд, Германия), разрешенные органами Госсанэпиднадзора России (ноу-хау);
- ароматизаторы натуральные и идентичные натуральным производства фирмы *Wild* (Вильд, Германия), разрешенные к применению органами Госсанэпиднадзора России (ноу-хау);
- воду питьевую соответствующую СанПиН;
- кислоту лимонную пищевую (Е 330).

По органолептическим показателям напитки должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 16.10.

Таблица 16.10. Органолептические показатели напитков из сыворотки

Наименование показателя	Характеристики напитков
Внешний вид и консистенция	Непрозрачная однородная жидкость с небольшим осадком белка и мякоти фруктового сока
Вкус и запах	Кисло-сладкий с выраженным привкусом и ароматом внесенных пищевых добавок
Цвет	Обусловленный цветом внесенных пищевых добавок, равномерный по всей массе

По физико-химическим показателям напитки должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в табл. 16.11.

Таблица 16.11. Физико-химические показатели напитков из сыворотки

Наименование показателя	Норма для напитков на основе сыворотки
Массовая доля сухих веществ, %	от 11 до 14
Массовая доля сахарозы, %, не менее	7,5
Кислотность, °Т для напитков анельсинового и лимонного	от 90 до 120 от 130 до 150
Температура при выпуске с предприятия, °С, не выше	6

По микробиологическим показателям напитки должны соответствовать требованиям СанПиН и приведены в табл. 16.12.

Таблица 16.12. Микробиологические показатели напитков из сыворотки

Наименование показателя	Норма
БГКП, в том числе коли-формы, в 0,01 см ³ напитка	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, в 25 см ³ напитка	Не допускаются
<i>S.aureus</i> в 1 см ³ напитка	Не допускаются

Технологический процесс производства напитков осуществляют в следующей последовательности:

- приемка и подготовка сырья;
- пастеризация, охлаждение и очистка сыворотки;
- внесение натуральных пищевых добавок и сахарного сиропа;
- пастеризация и охлаждение смеси;
- внесение ароматизатора;
- розлив, упаковка, маркировка и доохлаждение готового напитка.

С момента окончания технологического процесса напитки хранят при температуре не выше 6 °С. Срок годности продукта при этих условиях хранения — не более 8 сут, в том числе на предприятии-изготовителе — не более 2 сут.

Опыт данной разработки тиражирован в десятках брендов, которые постоянно пополняются. Видимо, будет найдено оптимальное решение для массового потребителя и молочная сыворотка займет постоянное (достойное) место в меню россиян. Например, предложена биокомбинация для «здоровых продуктов» на основе молочной сыворотки [21]. Масса интересных находок содержится в исследованиях [22, 23, 24]. Они будут описаны в главе 19, как использование обработанной молочной сыворотки, ее компонентов и их производных.

16.2.4. Напитки с использованием концентратов молочной сыворотки

Ниже кратко приведен пример, как от оригинальной идеи можно выйти на рынок с запатентованным продуктом, получившим признание и известность во всем мире — «Ривелла». В свое время, будучи в г. Берне (Швейцария), имел возможность попробовать *RIVELLA Red* (красную) и *RIVELLA Blue* (синюю, низкокалорийную). Теперь имеется и *RIVELLA Green* (зеленая, с экстрактом зеленого чая). В основе этих эксклюзивных напитков — концентрат молочной сыворотки с альпийскими травами. По информации *R. Barth* [25] его семья отдала «Ривелле» более 50 лет (информация 2001 г.). Оставляя для любознательных историю создания и продвижения на мировой рынок бренда *RIVELLA*, изложенную на 20 страницах текста с многочисленными иллюстрациями, приводим для демонстрации факта феномена молочной сыворотки в оригинальных продуктах альпийского уровня рис. 16.18, 16.19 и 16.20.

Необходимо отметить, что в нашей стране аналогичные разработки были выполнены в свое время СКФ ВНИИМС и Никитским ботаническим садом АН СССР с использованием экстрактов ценнейших трав Кавказа и Черноморья. Результаты были реализованы в системных работах В.Е. Жидкова [2, 43] и Г.И. Холодова [26]; содержатся в специальных публикациях [4, 5, 9, 10].

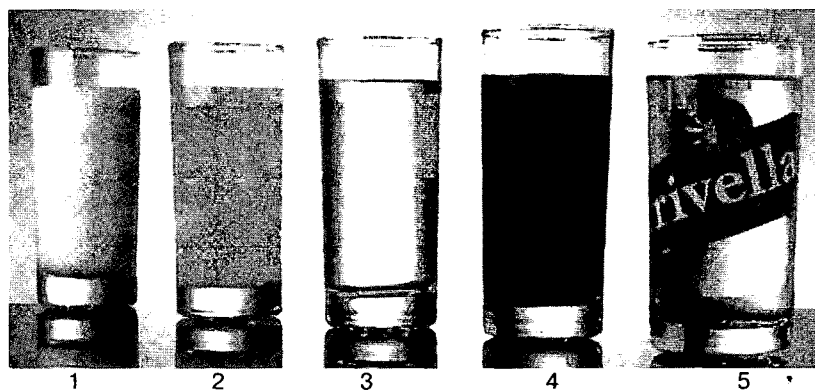


Рис. 16.18. Концентрат «Ривелла» (4) и напиток «Ривелла» (5) в сравнении с молоком (1), натуральной (2) и осветленной (3) сывороткой

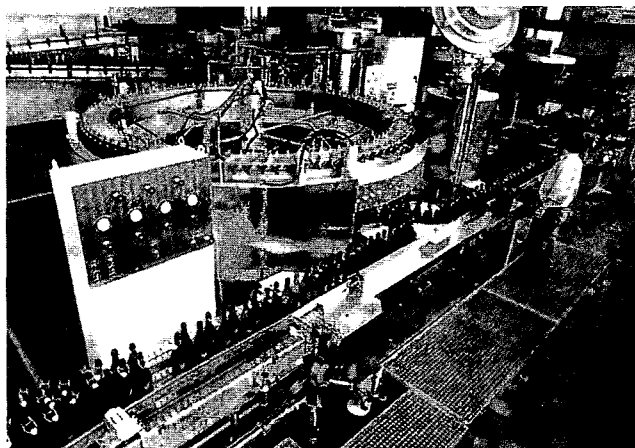


Рис. 16.19. Общий вид технологической линии розлива напитков из сыворотки



Рис. 16.20: Рекламный проспект «Ривелла», отличная от всех других»

16.2.5. Инновационные технологии напитков из молочной сыворотки с пониженным содержанием лактозы

О.В. Козлова [27] провела исследования по разработке технологии низколактозного напитка в контексте с гелеобразованием. Установлено, что при температуре $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$, дозе ферментного препарата $(0,05 \pm 0,01)\%$ и продолжительности процесса $(4 \pm 0,05)$ ч степень гидролиза лактозы превышает 90,0% (рис. 16.21). Там же приведены экспериментальные данные по выходным параметрам каждого углевода.

Оптимальная массовая доля гелеобразователя (при которой сывороточный гель напоминает структуру напитка и имеет максимальную балльную оценку): для агара — $(0,8 \pm 0,01)\%$; для агароида — $(2,7 \pm 0,01)\%$; для желатина — $(2,3 \pm 0,01)\%$. Предельное напряжение сдвига соответственно составляет: для агара — 179–195 Па; для агароида — 196–216 Па, для желатина — 255–280 Па.

Исследован состав и свойства ягод рябины в связи с использованием в технологии низколактозного напитка. Установлено высокое содержание воды в ягодах (77,3–89,2%), для входящих в ее состав компонентов, также отмечено достаточно высокое содержание углеводов (9,8–15,4%), органических кислот (0,76–2,3%), золы (0,75–0,94%) и витаминов.

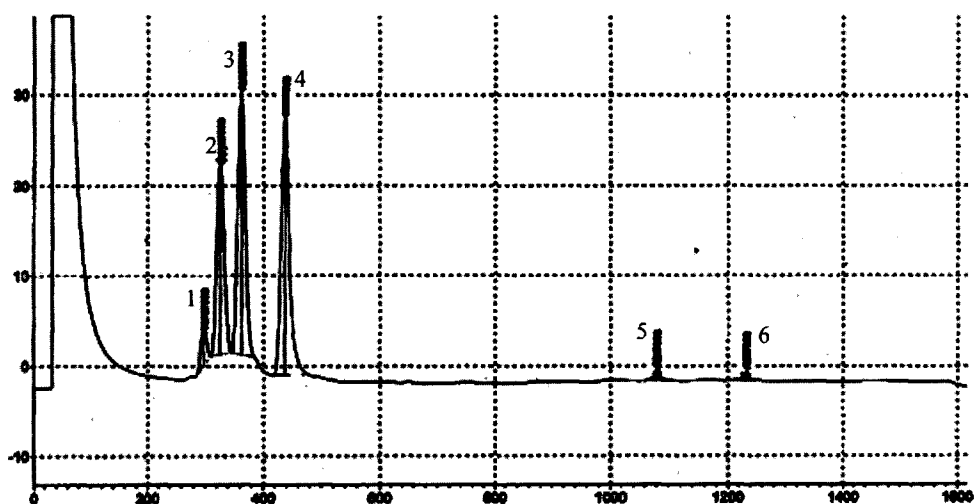
На основании проведенных исследований разработана технология низколактозного напитка «Рябинка». Технологический процесс производства напитка осуществляют согласно схеме, представленной на рис. 16.22.

Рецептура напитка «Рябинка» представлена в табл. 16.13 [27].

Таблица 16.13. Рецептúra напитка «Рябинка»

Компоненты	Масса компонентов, кг	
	Рецептура 1	Рецептура 2
Молочная сыворотка	794,2/778,8/774,7*	814,7/799,3/795,2*
β-Галактозидаза	0,3	0,3
Сахар — песок	72,0	72,0
Гелеобразователь:		
— агар,	8,2	8,2
— агароид,	23,6	23,6
— желатин	27,7	27,7
Пюре красной рябины	154,3	—
Пюре черноплодной рябины	—	133,8
Итого сырья	1029,0	1029,0
Выход	1000,0	1000,0

Примечание: * первое значение — для агара; второе — для агароида; третье — для желатина.



№	Вещество	Время	Высота	Площадь пика	Концентрация, %
1	Тагатоза	293	0,466597	5,285364	0,502614
2	Фруктоза	320	1,286736	17,230233	1,638516
3	Галактоза	355	4,630665	70,914872	6,743678
4	Глюкоза	428	3,002393	45,327239	4,310412
5	α-Лактоза	1071	20,223383	535,890510	50,960719
6	β-Лактоза	1220	11,244459	376,927429	35,844062

Рис. 16.21. Газожидкостная хроматограмма результатов гидролиза лактозы

Органолептические и физико-химические показатели напитка «Рябинка» приведены в табл. 16.14.

Таблица 16.14. Органолептические и физико-химические показатели напитка

Органолептические показатели		
Наименование показателя	Характеристика	
Вкус и запах	Чистый, кисловато-сладкий вкус и аромат, характерный для внесенных растительных компонентов, без посторонних привкусов и запахов	
Внешний вид и консистенция	Вязкая гомогенная жидкость, консистенция гелеобразная, текучая с частицами наполнителя	
Цвет	Равномерный, характерный для внесенного растительного компонента (розово-желтый — для пюре рябины красной, ярко розовый — для пюре черноплодной рябины)	
Физико-химические показатели		
Массовая доля, %		pH, не более
Моно- и дисахаридов, не менее	Лактозы, не более	
7,0	0,1	4,0–4,2

В табл. 16.15 приведен химический состав разработанного напитка.

Таблица 16.15. Химический состав напитка

Вещество	Содержание
Белки, %	2,5–2,7
Жиры, %	0,19–0,22
Углеводы, %, в том числе:	7,5–8,0
глюкоза	2,8–2,9
галактоза	2,6–2,7
фруктоза	1,8–1,9
тагатоza	0,3–0,4
лактоза	0,09–0,1
Зола, %	0,66–0,73
Na, мг/100 г	3,4–3,7
K, мг/100 г	160,1–176,9
Ca, мг/100 г	55,1–61,0
Mg, мг/100 г	8,1–8,9
P, мг/100 г	58,0–63,0
Fe, мг/100 г	314,5–347,5
Витамины:	
A, мг/100 г	0,02–0,03
C, мг/100 г	3,12–3,46
B ₉ , мг/100 г	0,08–0,1
B ₁₂ , мг/100 г	0,16–0,18
Энергетическая ценность, ккал	42,0–46,3

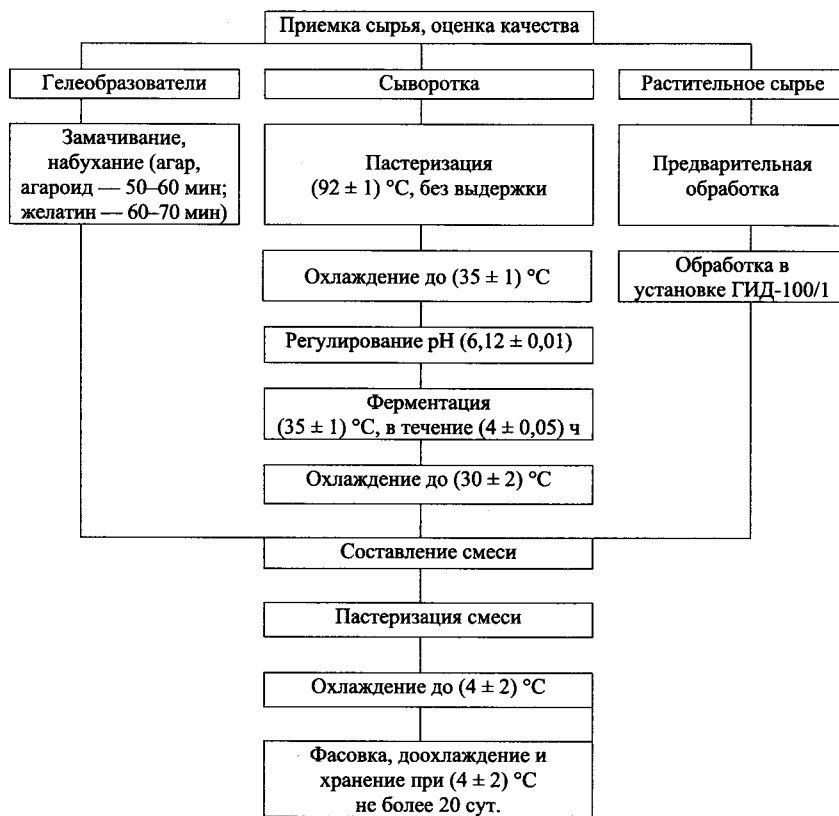


Рис. 16.22. Технологическая схема производства низколактозного напитка «Рябинка»

Продолжительность хранения продукта составляет не более 20 суток. На основе гидролиза лактозы видится определенная перспектива такого вида напитков бренда «МиЛа» (минимум лактозы) на основе молочной сыворотки, идеально адаптированных к функциональному питанию.

В плане развития инновационных технологий напитков на основе молочной сыворотки следует отметить опыт научной школы Кемеровского технологического института пищевой промышленности (проф. А. Ю. Просеков с сотр.). Результаты исследований С. А. Сухих [28] легли в основу технологии тонизирующих напитков на основе молочной сыворотки и обезжиренного молока с использованием этанолметаболизирующего мультиферментного препарата. И. С. Разумниковой [28] предложена оригинальная технология ферментированных молочных напитков функционального назначения с повышенным содержанием янтарной кислоты [29].

В целом, как это неоднократно подчеркнуто, производство напитков из/на основе молочной сыворотки является идеализированной целью любого молочного производства. Необходима системная проработка проблематики с направленной рекламой на уровне «Ривеллы», пепси-колы и кока-колы. Молочная сыворотка, естественно с модификацией по запросам потребителей и рекомендациям диетологов, должна (как природой данный продукт) заменить синтетические суррогаты. И в этом видится ее феномен!

16.3. Инновационные технологии концентратов молочной сыворотки в сгущенном виде

Системные исследования проблемы сгущения молочной сыворотки и продуктов ее переработки были проведены в нашем творческом коллективе проф. П. Г. Нестеренко [30, 31]. Им предложена классификация и параметрический ряд концентрированной и сгущенной молочной сыворотки, а так же продуктов получаемых на их основе. Результаты широко реализованы в отрасли и востребованы потребителями в виде концентрированной и сгущенной молочной сыворотки в линейке сухих веществ от 11 до 65 %.

Инновационными представляются технологии концентратов молочной сыворотки (КМС), разработанные Н. С. Евдокимовым в ОмГАУ [32, 33] и блочная молочная сыворотка с метилцеллюлозой, предложенная Д. Н. Лодыгиным [34], а также ее продолжение с обогащением (ГМБ) [35].

В данной главе в развитие процессов структурирования (глава 8) рассмотрено формирование продуктов с оптимизированной степенью сгущения [32], а также блочная форма с наполнителями [34] и синтезом бифидогенного фактора [35].

16.3.1. Технология концентрата молочной сыворотки (КМС)

На основании проведенных исследований и обоснования режимов структурообразования авторами была разработана технология получения концентрата молочной сыворотки. Научная новизна способа получила отражение в патенте [36]. Технологический процесс получения концентрата молочной сыворотки осуществляется в соответствии со схемой, представленной на рис. 16.23.

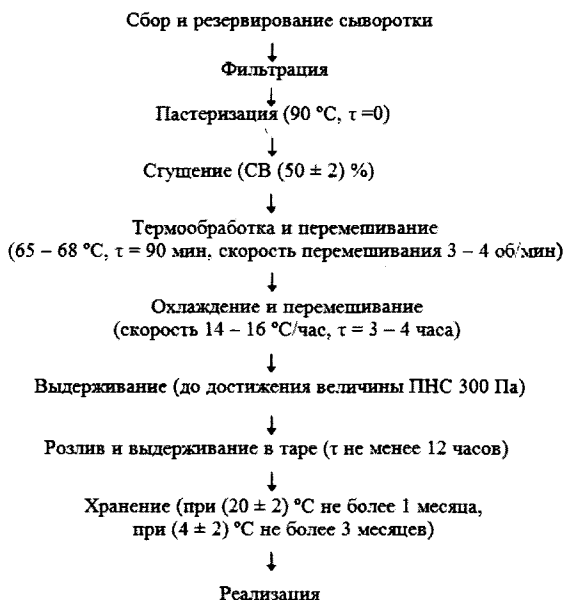


Рис. 16.23. Технологическая схема производства концентрата молочной сыворотки

В качестве сырья при производстве КМС используют сыворотку творожную с качественными характеристиками, отвечающими требованиям действующей НТД. Творожную сыворотку принимают по массе и качеству. Сыворотку собирают в резервуар из нержавеющей стали. При необходимости хранения перед сгущением более 6 часов сыворотку пастеризуют при температуре 74–78 °С с выдержкой 15–20 с и охлаждают до 4–6 °С. Допускается пастеризация в подогревателе вакуум-аппарата при температуре 90 °С без выдержки.

Сгущение сыворотки проводят в вакуум-аппаратах любых конструкций при температурах: в аппаратах циркуляционного типа — не более 60 °С; в аппаратах пленочного типа — не более 67 °С. Сгущение ведут до массовой доли сухих веществ (50 ± 2) %. Из вакуум-аппарата сыворотку направляют в емкость с рубашкой и мешалкой для проведения структурообразования.

Для проведения структурообразования в рубашку емкости подают теплоноситель (горячую воду или пар). Сгущенную сыворотку нагревают до температуры 65–68 °С при перемешивании. Скорость мешалки 3–4 об/мин. При достижении указанной температуры продукт выдерживают в течение 1,5 ч. Затем в рубашку подают холодную воду, продукт охлаждают со скоростью 14–16 °С/час в течение 3–4 ч.

Охлажденный продукт выдерживают для продолжения процессов структурообразования до достижения величины предельного напряжения сдвига не менее 300 Па. По достижению указанной величины предельного напряжения сдвига осуществляют розлив продукта.

Продукт выдерживают в таре в течение 12 ч для дальнейшего нарастания прочности структуры и формирования требуемой консистенции. По окончании выдерживания продукт готов к реализации. Продукт хранят при температуре (4 ± 2) °С не более 3 мес. со дня изготовления, при температуре (20 ± 2) °С не более 1 мес.

Аппаратурно-процессовая схема производства концентрата молочной сыворотки представлена на рис. 16.24 [32]. На разработанную технологию получения концентрата молочной сыворотки имеется нормативно-техническая документация.

Качественные показатели концентрата молочной сыворотки. Основные качественные показатели опытных партий концентрата молочной сыворотки, выработанных в соответствии с установленными технологическими параметрами, приведены в таблице 16.16 [32].

Таблица 16.16. Показатели качества концентрата молочной сыворотки

Наименование показателей	Характеристика
Органолептические	
вкус и запах	Чистый, кислый, без паличия посторонних привкусов и запахов.
цвет	От светло-кремового до кремового.
консистенция	Твердообразная, рыхлая, однородная масса. Допускается наличие комочков, рассыпающихся при механическом воздействии
Физико-химические	
массовая доля	
влаги, %	$46 \pm 0,1$
белка, %	$8,8 \pm 0,04$
лактозы, %	$32,4 \pm 0,06$
кислотность продукта восстановленного до СВ 6,5 %, °Т	75 ± 2
Микробиологические	
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^4$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	
патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы в 25 г	Отсутствуют
продукта	Отсутствуют
<i>S. aureus</i> в 1 г продукта	Отсутствуют

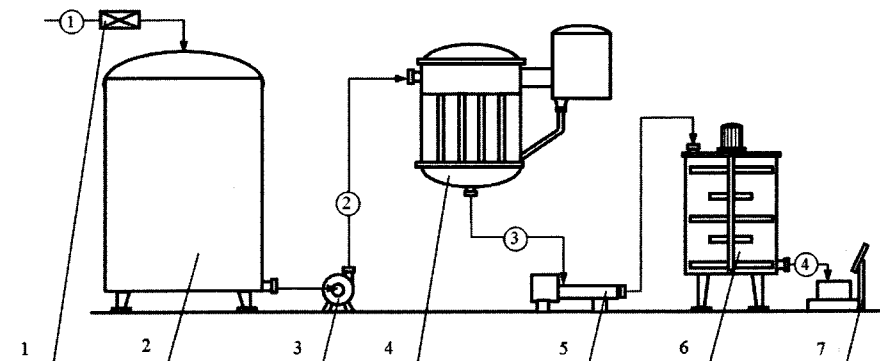


Рис. 16.24. Аппаратурно-процессовая схема производства концентрата молочной сыворотки: 1 — фильтр; 2 — резервуар для сыворотки; 3 — насос центробежный; 4 — вакуум-аппарат; 5 — насос винтовой; 6 — емкость с мешалкой для проведения структурообразования; 7 — весы

Использование оптимизированных режимов ведения технологического процесса обеспечило получение продукта со стабильными органолептическими характеристиками, не изменяющимися в различных партиях выработанного продукта. Результаты опытных выработок показывают, что консистенция продукта твердообразная с рыхлой структурой, однородная, стабильная при хранении.

При проведении микробиологических исследований в свежевыработанном КМС не обнаружены бактерии группы кишечной палочки (в 0,01 г), патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы (в 25 г продукта). Не отмечалось роста этих микроорганизмов в процессе хранения. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов составило $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г.

Данные о пищевой ценности концентрата молочной сыворотки: химическом составе, содержании в продукте витаминов, энергетической ценности приведены в табл. 16.17 [32].

Таблица 16.17. Пищевая ценность концентрата молочной сыворотки

Наименование показателя	Содержание в 100 г продукта
Белки	8,8
Углеводы	32,4
Жиры	1,8
Минеральные вещества, мг	
Na	352
K	1100
Ca	528
Mg	62
P	686
Витамины, мг	
B ₁	0,26
B ₂	0,97
PP	1,23
C	4,4
Энергетическая ценность, кДж	700

Наличие этих компонентов, особенно белковых веществ, в концентрате молочной сыворотки обуславливает высокую биологическую ценность продукта. Результаты микроскопирования образцов выработанного концентрата молочной сыворотки и проведенной органолептической оценки продукта в зависимости от режимов термообработки представлены в табл. 16.18, 16.19 [32].

Концентрат молочной сыворотки, без внесения структурообразователей, вырабатываемый в соответствии с разработанной технологией имеет широкие перспективы использования в различных отраслях пищевой промышленности, таких как молочная, хлебопекарная, кондитерская, макаронная и др.

Таблица 16.18. Микроструктура образцов КМС

Этап структурообразования	Характеристика образца КМС полученного при температуре термообработки, °С			
	55	60	65	70
По окончании термообработки	Много мелких кристаллов, в основном неправильной формы. Немного по сравнению с другими образцами крупных кристаллов. Большинство из них неправильной формы	Много крупных кристаллов неправильной формы. Их значительно больше, чем в образце, обработанном при 55 °С	Кристаллы незначительно мельче, чем в образце, обработанном при 60 °С. Форма кристаллов приближается к форме таковой в сгущенной сыворотке, но в основном они неправильной формы. Единичные крупные кристаллы	По сравнению с другими образцами количество кристаллов меньше, меньше кристаллов крупного размера. В основном кристаллы среднего размера, неправильной формы
После охлаждения в течение 1,5 ч до 15 °С	По размеру кристаллы делятся на две группы: крупные и мелкие. Нет кристаллов среднего размера. Крупных кристаллов меньше, чем в образце, обработанном при 60 °С. Большинство кристаллов имеют правильную форму	Большое количество крупных кристаллов. В отличие от образца, обработанного при 55 °С, практически нет очень мелких кристаллов. Подавляющее большинство кристаллов имеют неправильную форму	Одиночные крупные кристаллы трапециевидной правильной формы. Промежутки заполнены однородной массой очень мелких кристаллов	Преобладают мелкие и среднего размера кристаллы, неправильной формы

На практике подтверждено, что разработанные технологические параметры получения продукта легко воспроизводимы в производственных условиях. Производство концентрата молочной сыворотки не требует специфического аппаратного оформления и осуществляется на имеющемся на предприятии оборудовании. Новая технология является эффективным современным способом переработки творожной сыворотки с использованием всех ее составных частей. При этом следует подчеркнуть, что формирование структуры происходит за счет внутреннего потенциала системы — сгущенной молочной сыворотки, что является приоритетом исследователей и ноу-хау технологии.

Таблица 16.19. Органолептическая оценка образцов КМС

Этап структурообразования	Характеристика образца КМС полученного при температуре термообработки, °C			
	55	60	65	70
По окончании термообработки	Кристаллы видны невооруженным глазом. На ощупь они наиболее крупные по сравнению с другими образцами. Ощутимы отдельные кристаллы. Цвет продукта зеленоватый. Консистенция текучая	Отдельные кристаллы видны невооруженным глазом и ощутимы органолептически, как сравнительно крупные	Ощущается песчанистость, но в отличие от других образцов, кристаллы не колющие на щуп. Встречаются значительно более крупные, чем отдельные кристаллы агломераты, состоящие из нескольких кристаллов «склеенных» между собой прослойками. При растирании агломераты распадаются. Консистенция наиболее густая и плотная в сравнении с др. образцами	Ощущается «бархатистость». Отдельные кристаллы не видимы и неощутимы
После охлаждения в течение 1,5 ч до 15 °C	—	—	Единственный из образцов при 18 °C имеет густую консистенцию. Сохраняет деформацию	—

Рекомендации для производств, вырабатывающих концентрат молочной сыворотки. Проведение промышленных выработок концентрата молочной сыворотки выявило необходимость осуществления в условиях производства дополнительных мероприятий для обеспечения производства продукта, которые нашли отражение в сформулированных ниже рекомендациях [32] по ведению технологического процесса. Во избежание неконтролируемой кристаллизации лактозы при хранении сгущенной сыворотки приступать к нагреванию сгущенной сыворотки следует сразу же по окончании сгущения. Нагревание продукта сразу по окончании сгущения позволяет экономить тепловую энергию, поскольку потеря продукта тепла в этом случае будет сведена к минимуму.

Для обеспечения равномерного и быстрого теплопереноса от греющих поверхностей емкости, где происходит структурообразование ко всему объему продукта необходимо перемешивание концентрата молочной сыворотки в процессе нагревания. В связи с адгезией концентрата молочной сыворотки рекомендовано усовершенствовать конструкцию мешалки для обеспечения наиболее подходящего механического воздействия на продукт: перемешивание всего объема, удаление продукта со стенок емкости, подъем нижнего слоя со дна. Эскиз усовершенствованной мешалки представлен на рис. 16.25. Емкость для проведения структурообразования КМС должна иметь рубашку, к которой подведены линии пара и ледяной воды.

Повышение кислотности до некоторых граничных значений приводит к коагуляции белка в процессе тепловой обработки и появлению пороков консистенции готового продукта. При хранении молочной сыворотки в нерегулируемых условиях потеря энергетической ценности за счет сбраживания лактозы составляет до 25 % [37].

В технологии КМС это приводит к недопустимым изменениям при структурообразовании за счет уменьшения массовой доли лактозы и накопления продуктов брожения лактозы, что способствует коагуляции белка в процессе сгущения и возникновению пороков консистенции готового продукта. В связи с этим следует не допускать хранения сыворотки в нерегулируемых условиях перед ее концентрированием.

Сгущение сыворотки до массовой доли выше 52 % сухих веществ помимо сложностей технологического характера (нарастание вязкости продукта, пригар на греющих стенках калоризатора), вызывает нежелательные изменения белковой части продукта и также способствует

его коагуляции. Исследование реологических характеристик готового КМС, подвергнутого дополнительной тепловой и механической обработке показало, что структура таких образцов разрушается.

При нагревании происходит частичное разрушение структурных связей между молекулами белка и выделение некоторого количества связанной влаги, о чем свидетельствует уменьшение величины поверхностного натяжения КМС после выдерживания по сравнению с КМС после охлаждения. Следовательно, нагревание и перемешивание КМС перед выгрузкой в потребительскую тару снижают качество готового продукта.

Для достижения этих задач выработано техническое решение, которое включает в себя два основных практических аспекта. Во-первых, для уменьшения механического воздействия на продукт регламентирована работа мешалки, охарактеризованы принципиально важные особенности конструкции (рис. 16.25). Во-вторых, для исключения повторного нагревания предложено после перемешивания и охлаждения определять напряжение сдвига, величина которого должна быть не менее 300 Па. Расфасовку продукта следует осуществлять в потребительскую тару по достижению заданной величины, с последующим выдерживанием для дальнейшего структурообразования.

Реализация приведенных выше рекомендаций позволяет снизить энергетические затраты на производство концентрата молочной сыворотки и себестоимость продукта в целом, уменьшить количество операций ручного труда; способствует увеличению оборачиваемости оборудования; обеспечивает однородность качественных показателей различных партий концентрата. В целом следует заметить, что технология КМС как бы в своей основе предназначена для реализации в условиях кризисных явлений.

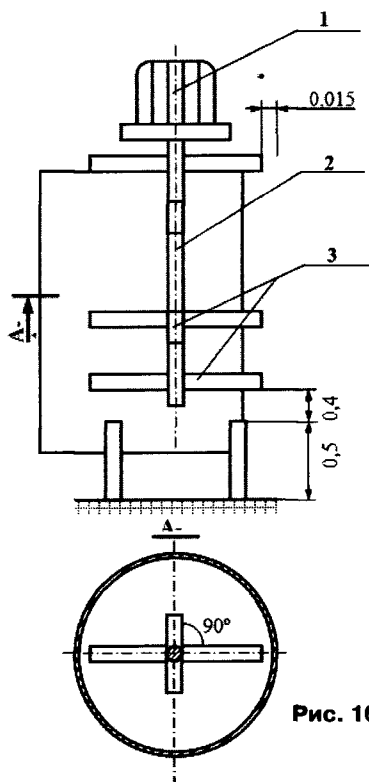


Рис. 16.25. Эскиз мешалки для перемешивания КМС
Условные обозначения: 1 — электродвигатель; 2 — вал; 3 — лопасти мешалки

16.3.2. Технология блочной молочной сыворотки с промежуточной влажностью (КМС-ПВ)

Исследование структурно-механических характеристик КМС-ПВ. Сдвиговые характеристики образцов концентрата молочной сыворотки были исследованы при скорости сдвига, варьируемой в интервале от 0 до 100 с^{-1} и фиксированных значениях температуры: 20; 40; 47,5; 55 и 65 °С. Анализ экспериментальных данных показал, что кривые течения с наиболее высоким коэффициентом корреляции аппроксимируются степенным уравнением Оствальда — де Вилля и исследуемые концентраты можно классифицировать как псевдопластические жидкости, обладающие тиксотропными свойствами. Наиболее высоким коэффициентом корреляции отличаются концентраты с массовой долей СВ 60 и 62 %. Кривые течения концентратов с содержанием СВ 60 % представлены на рис. 16.26 [34].

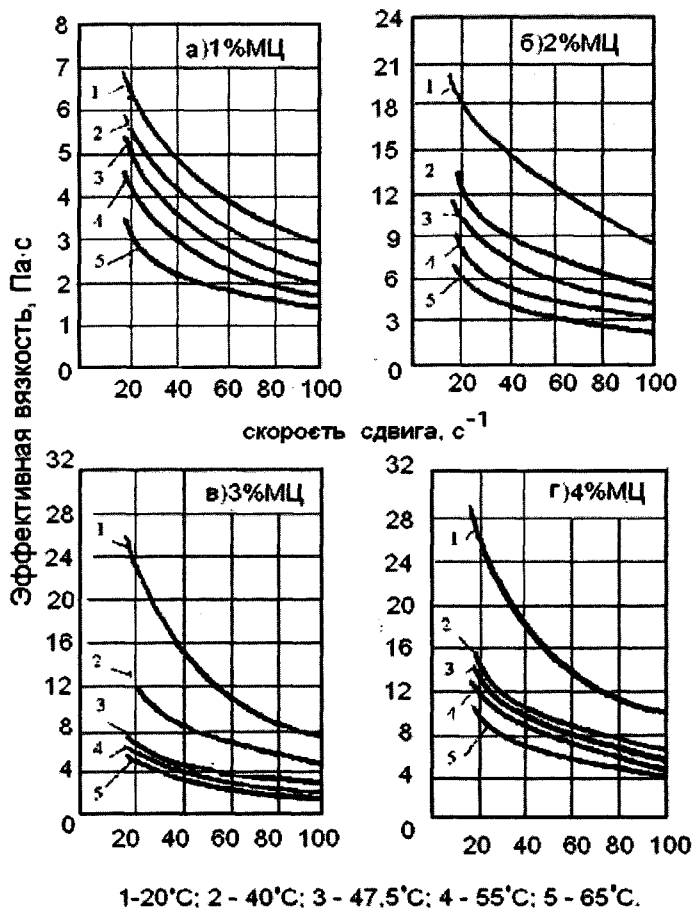


Рис. 16.26. Кривые течения концентратов молочной сыворотки с массовой долей сухих веществ 60 %

Изучена зависимость эффективной вязкости от содержания метилцеллюлозы и температуры (табл. 16. 20).

Таблица 16.20. Зависимость эффективной вязкости концентратов от содержания метилцеллюлозы при различных температурах

Содержание СВ в концентратах, %	Вид теоретической функции	Температура, °С	Значения эффективной вязкости (Па·с) при содержании метилцеллюлозы			
			X=1 %	X=2 %	X=3 %	X=4 %
58	$Y = 4,820 X^{0,409}$	20	4,820	6,400	7,550	8,500
	$Y = 3,058 X^{0,168}$	40	3,058	3,436	3,678	3,860
	$Y = 1,837 X^{0,371}$	47,5	1,837	2,376	2,761	3,072
	$Y = 1,555 X^{0,234}$	55	1,555	1,829	2,011	2,150
	$Y = 0,876 X^{0,107}$	65	0,876	0,943	0,981	1,020
60	$Y = 3,336 X^{0,896}$	20	3,336	6,208	8,927	11,552
	$Y = 2,565 X^{0,703}$	40	2,565	4,176	5,553	6,797
	$Y = 1,998 X^{0,679}$	47,5	1,998	3,199	4,213	5,121
	$Y = 1,692 X^{0,739}$	55	1,692	2,824	3,810	4,713
	$Y = 1,332 X^{0,648}$	65	1,332	2,087	2,714	3,270
62	$Y = 3,840 X^{0,770}$	20	3,840	6,548	8,948	11,166
	$Y = 2,065 X^{0,830}$	40	2,065	3,671	5,040	6,526
	$Y = 1,608 X^{0,884}$	47,5	1,628	2,968	4,247	5,477
	$Y = 1,610 X^{0,841}$	55	1,610	2,884	4,056	5,166
	$Y = 0,786 X^{0,991}$	65	0,768	1,526	2,281	3,034

Установлено, что внесение МЦ приводит к увеличению вязкости концентратов. При этом создаются условия для придания им более однородной и стабильной консистенции; лучшие характеристики имеют образцы с массовой долей СВ 60 % и содержанием МЦ 2 и 3 %.

Исследование поверхностных и пенетрационных характеристик позволило охарактеризовать поведение концентратов в процессе хранения и создать более полное представление об их реологических свойствах. Изучены адгезионно-когезионная прочность (рис. 16.27), удельная адгезионно-когезионная работа (рис. 16.28), напряжение стандартной пенетрации (рис. 16.29), период релаксации [34].

Испытания образцов проводились в начальный период хранения (0,5 мес), в середине предполагаемого срока хранения (3 мес) и в конце хранения (6 мес) при наиболее вероятной температуре хранения (20 °С). Каждая серия испытаний проводилась в идентичных условиях и характеристиках прибора «Инстрон-1122», что обеспечило сопоставимость результатов исследований. Поверхностные характеристики (адгезионно-когезионная прочность, удельная адгезионно-когезионная работа) снимались после приложения постоянного усилия ($P_1 = 2$ Н) и завершения релаксации напряжений в продукте.

Адгезионно-когезионная прочность рассчитывалась по формуле [38]:

$$P_0 = \frac{P_{\max}}{\pi R}, \text{ Па} \quad (16.3)$$

где: P_{\max} — максимальное усилие нормального давления в каждом опыте, Н;
 R — радиус плоского индентора, $R = 28,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Удельная адгезионно-когезионная работа рассчитывалась по формуле [38]:

$$A_{01} = \frac{S_x V_{OD}}{\pi R^2 V_E}, \text{ Дж/м}^2 \quad (16.4)$$

где: S_x — площадь эпюры под кривой «усилие–деформация», Дж;
 $V_{OD} = 10$ мм/мин — скорость перемещения траверсы с индентором;
 $V_E = 5$ мм/мин — скорость перемещения ленты записывающего устройства.
 Напряжение стандартной пенетрации рассчитывалось по формуле [38]:

$$\Theta = K \frac{P_{\max}}{a h^2 \cdot V_n}, \text{ Па} \quad (16.5)$$

где: K_α — константа индентора с углом конуса 60° , $K_\alpha = 0,214$;
 P_{\max} — максимальное усилие пенетрации в каждом опыте, Н;
 h — глубина погружения индентора, $h = 25 \cdot 10^{-3}$ м;
 V_n — скорость ленты записывающего устройства, $V_n = 10$ мм/мин.
 Период релаксации напряжений рассчитывался по формуле [38]:

$$\tau = \frac{30}{\ln \frac{P_{\max}}{P_{30}}}, \text{ с} \quad (16.6)$$

где: P_{\max} — максимальное усилие пенетрации, Н;
 P_{30} — усилие через 30 с после снятия нагрузки, Н.

Реологические исследования позволили определить эффективную вязкость концентратов в широком спектре скоростей сдвига при наиболее характерных температурах, выявить некоторые особенности изменения вязкости продукта, обусловленные внесением метилцеллюлозы. Установлено, что концентраты с массовой долей сухих веществ 60 % и содержанием МЦ 2 и 3 % наиболее стабильны при хранении и имеют наиболее однородную структуру (рис. 16. 27). Поверхностные и пенетрационные характеристики дают дополнительные сведения о структуре, ее стабильности и поведении концентратов при хранении; подтверждают

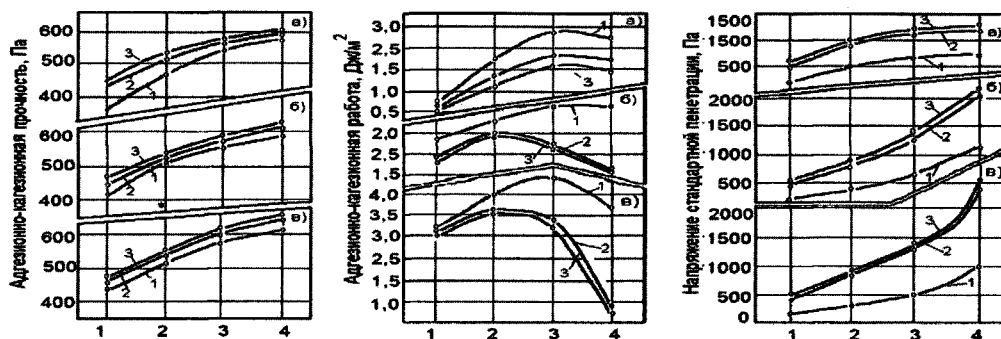


Рис. 16.27. Изменение реологических показателей концентратов с разным содержанием метилцеллюлозы (МЦ) при хранении: А — адгезионно-когезионной прочности; Б — удельной адгезионно-когезионной работы; В — напряжения стандартной пенетрации. Массовая доля сухих веществ: а — 58%; б — 60%; в — 62%. Продолжительность хранения: 1 — 0,5 мес.; 2 — 3 мес.; 3 — 6 мес.

наличие у продукта тиксотропных свойств.

Обоснование оптимальных режимов технологического процесса. Изучение литературных источников и проведенные исследования на модельных образцах концентратов молочной сыворотки с различной массовой долей сухих веществ и количеством вносимого структурообразователя позволили обосновать оптимальные режимы технологического процесса и разработать технологию концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью. Установлено, что при соотношении массовой доли СВ сгущенной сыворотки $(61 \pm 1)\%$ и количества вносимой МЦ $(2,5 \pm 0,5)\%$ микробиологическая и биохимическая стойкость продукта реализуется наилучшим образом.

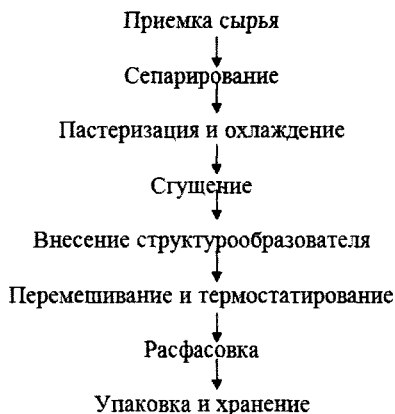


Рис. 16.28. Принципиальная технологическая схема получения концентрата молочной сыворотки с промежуточной влажностью

Технологический процесс осуществляется по следующей схеме [34] (рис. 16.28).

Основные технологические операции, начиная с приемки сырья, и до внесения структурообразователя, осуществляются в соответствии с аналогичными операциями, применяемыми при производстве сгущенных концентратов молочной сыворотки, и уточнения не требуют. Исключение составляет только операция сепарирования сыворотки, которую необходимо проводить по той причине, что уровень активности воды в продуктах с промежуточной влажностью является оптимальным для окисления липидов. Если операцией выделения молочного жира из исходной сыворотки пренебречь, то в готовом продукте будут протекать окислительные процессы, которые могут привести к дестабилизации консистенции и ухудшению качества продукта при хранении.

После сгущения сыворотки до массовой доли сухих веществ (60 ± 1)% она направляется в емкостной аппарат с термостатирующей рубашкой и перемешивающим устройством, куда вносится структурообразователь (метилцеллюлоза) в количестве ($2,5 \pm 0,05$)% от массы сгущенной сыворотки. Перемешивание полученной смеси осуществляется в течение 25 мин при температуре (70 ± 2) °С. Продолжительность проведения этой операции и температура ее осуществления обусловлены несколькими факторами:

- обеспечение хорошего распределения структурообразователя по всей массе продукта с целью создания более однородной структуры;
- проведением тепловой обработки продукта для исключения возможности вторичного обсеменения при внесении структурообразователя.

Повышение температуры тепловой обработки при составлении смеси более 75 °С нежелательно, поскольку повышается вероятность денатурации сывороточных белков, что неизбежно приводит к ухудшению структуры конечного продукта. Понижение температуры ниже 65 °С не обеспечивает гарантированной тепловой обработки продукта и приводит к возрастанию вязкости смеси (тиксотропные свойства), что отрицательно сказывается на однородности структуры, так как ухудшаются условия перемешивания, и повышаются энергетические затраты на проведение этого процесса. Это подтверждается как результатами математической обработки эксперимента, так и результатами исследования физико-химических свойств и реологических характеристик модельных образцов.

После завершения составления смеси продукт в горячем виде расфасовывается в мешки с полиэтиленовыми вкладышами или ящики для сливочного масла с полиэтиленовыми вкла-

дышами. Упаковка должна обеспечить герметичность продукта, так как при исследованиях было установлено, что при использовании полугерметичной упаковки возможна усушка продукта при хранении и повышается вероятность вторичного обсеменения, особенно в первые три месяца хранения, когда происходят процессы структурирования.

Хранение продукта может осуществляться в помещениях без поддержания определенно-го температурно-влажностного режима. Однако, повышение температуры хранения выше 25 °С следует признать нежелательным. При разработке технологии хранения испытуемых образцов осуществлялось в полимерной упаковке, разрешенной Минздравом РФ для контакта с пищевыми продуктами, в течение 6 мес. при наиболее вероятной температуре (20 ± 2) °С. При этом ежемесячно проводился контроль бактериальной обсемененности, наличие бактерий группы кишечной палочки и патогенной микрофлоры.

Рост микроорганизмов на протяжении всего срока хранения не отмечался. При параллельной закладке образцов в герметичной и полугерметичной таре, общая бактериальная обсемененность продукта не превышала значений, приведенных в табл. 16.21 [34]. Развитие бактерий группы кишечной палочки также не отмечалось. В образцах с массовой долей сухих веществ 58 % и содержанием метилцеллюлозы 1 %, при полугерметичной упаковке, наблюдался рост плесневых грибов на поверхности продукта после месячного хранения. В герметически упакованных концентратах развитие плесеней не было обнаружено.

Таблица 16.21. Микробиологические показатели концентратов молочной сыворотки с промежуточной влажностью

Массовая доля сухих веществ в образцах, %	КМАФАнМ, тыс.ед., не более
58	62,9
60	48,9
62	28,9

Во всех образцах с содержанием метилцеллюлозы 4 % как при герметичной, так и полугерметичной упаковке происходило изменение цвета поверхностного слоя продукта от светлого-кремового до темно-кремового к концу периода хранения. Это, по-видимому, объясняется развитием реакций неферментативного потемнения и указывает на нежелательность выработки концентратов с содержанием метилцеллюлозы более 3 %.

Следует отметить, что жизнедеятельность токсичных бактерий, например, сальмонелл, подавляется понижением уровня активности воды ниже 0,9, а жизнедеятельность различных дрожжей прекращается с понижением уровня активности воды ниже 0,8. Поэтому вероятность развития этого вида микроорганизмов при выбранных оптимальных соотношениях массовой доли сухих веществ и содержания метилцеллюлозы в концентратах крайне мала [39, 40]. Исследования образцов в процессе хранения также подтвердили правильность выбора оптимального соотношения компонентов в продукте, поскольку микробиологическая и биохимическая стойкость его реализуется при этих соотношениях наилучшим образом.

По результатам исследований [34] разработана аппаратурно-процессовая схема производства концентрата молочной сыворотки с промежуточной влажностью. Цифровые данные на схеме (рис. 16.29) соответствуют значениям режимов технологического процесса для получения 1 т продукта.

Состав, свойства концентрированной молочной сыворотки в плане ее возможного использования. Для производства концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью должны использоваться сыворотка молочная подсырная несоленая, метилцеллюлоза водорастворимая пищевая марок 35, 65, 100. Концентрированная молочная сыворотка предназначена для использования в хлебопекарной и кондитерской промышленности, в производстве безалкогольных напитков и кормов для сельскохозяйственных животных.

Технология получения концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью, отработанная на модельных системах из подсырной сыворотки и метилцеллюлозы, была опробована также на творожной сыворотке и осветленной, получаемой при производстве сырной массы «Кавказ» и концентрата альбумино-казеинового. На основании проведенных исследований разработана техническая документация (НТД) на концентраты молочной сыворотки с промежуточной влажностью.

Способ получения концентратов молочной сыворотки по разработанной технологии защищен авторскими правами [41] и прошел промышленную апробацию на маслосырзаводе «Александровский», которая показала возможность осуществления данной технологии в производственных условиях, а концентрат, упакованный и хранившийся 6 мес. в соответствии с технологической инструкцией, выдержал тест на соответствие требованиям.

На пищекомбинате «Ставропольский» была проведена выработка пряников «Северный», в которых 12% сахарозы было заменено концентратом. Комиссия, проводившая выработку, отметила хорошее качество получаемого продукта и возможность использования концентрата при производстве пряников взамен части сахара.

Анализ разработанной технологии показывает ее преимущества и перспективность. Концентраты имеют длительные сроки хранения без видимой порчи, удобны в транспортировании и хранении. Это позволило расширить границы используемого сырья, пищевых и кормовых добавок, усовершенствовать основные моменты технологии для повышения качества продуктов, расширить их ассортимент и сферы использования. Возможные виды сырья, материалов и основные направления использования представлены на схеме (рис. 16.30).

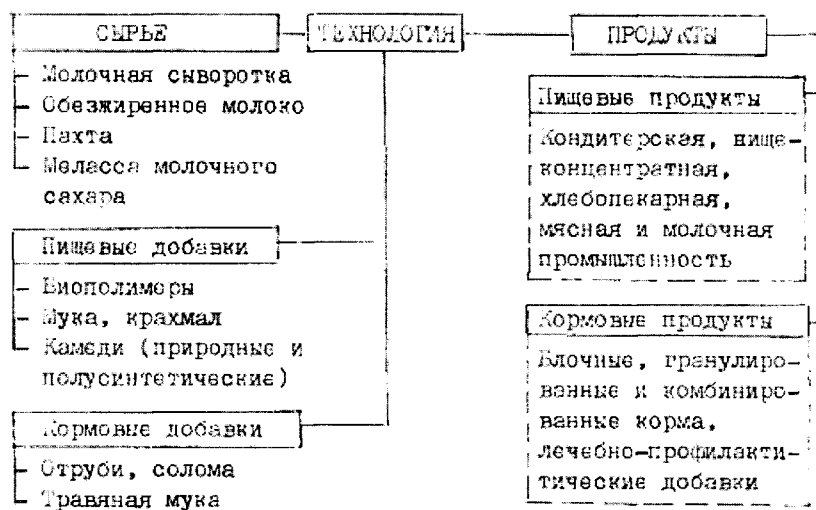


Рис. 16.30. Исходные компоненты и основные направления использования новых продуктов с промежуточной влажностью

В соответствии с приведенной схемой предусматривается использование в качестве сырья не только молочной сыворотки различных видов, но и обезжиренного молока, пахты и различных комбинаций их с сывороткой. При этом предусматривается выделение молочных белков в виде копреципитатов с последующим их использованием в качестве структурообразователя конечного продукта.

Для реализации технологии новых видов молочных концентратов с промежуточной влажностью был разработан технологический регламент, в котором сырьем являются: молочная сыворотка (подсырная и творожная), обезжиренное молоко и пахта. Три вида продуктов, предусмотренных регламентом, выработанные на молкомбинате «Ставропольский», получили положительную оценку и рекомендованы к внедрению. На основании промышленной апробации разработан проект технической документации.

Возможность получения концентратов с промежуточной влажностью была опробована на мелассе молочного сахара в цехе лактозы Ипатовского ОАО «Сырдел». Получены положительные результаты, использованные при разработке бизнес-плана по проекту «ЭКО-ЛАКТ — ИПАТОВО», предусматривающего переработку молочной сыворотки в молочный сахар, молочно-белковые концентраты и бифидогенную кормовую добавку в виде блока из мелассы молочного сахара для молодняка сельскохозяйственных животных. Кормовой продукт из мелассы был адаптирован в НТД на «Бифидогенные концентраты из молочной сыворотки и продуктов ее переработки».

Результаты проведенных исследований и производственной апробации получения концентратов молочной сыворотки с промежуточной влажностью предполагается использовать при разработке молочной основы для комплексных хлебопекарных улучшителей. Основные положения работы изложены в учебном пособии [42].

Технико-экономическая и экологическая оценка технологии. Экономический эффект от внедрения в ценах 1992 года составляет: при выработке концентрата из подсырной сыворотки — 105,7 руб/т, концентрата из творожной и осветленной сыворотки — 95,8 руб/т.

Сброс в канализацию таких продуктов, как молочная сыворотка и меласса молочного сахара, приводит к ухудшению экологической ситуации в стране. На Ипатовском ОАО «Сырдел» в сентябре 1996 года был проведен экологический мониторинг по утилизации мелассы, который показал, что ущерб экологии от слива в канализацию молочной сыворотки или адекватного количества мелассы при мощности завода 100 т переработки молока в сутки составляет 128,95 млн. руб. (в ценах на 01.10. 1996 г.). Экономическая эффективность производства блочной кормовой добавки на основе мелассы, с учетом ущерба окружающей среде и прямых затрат на утилизацию, составляет — 392,7 млн. руб.

Развитие технологии концентратов с промежуточной влажностью требует разработки высокоэффективных методов определения активности воды, как интегрального показателя хранимоспособности и вероятности микробиологической порчи готового продукта. К. К. Полянским с сотр. разработана технология пасты из подсырной сыворотки имеющей следующий состав (%): сухих веществ — 75, в том числе лактозы — 50, белка — 5, жира — 3, минеральных солей — 8. Предложен гравиметрический метод определения активности воды в концентратах молочной сыворотки [43].

Имеются разработки по блочной молочной сыворотке натуральной Сибирского филиала ВНИМИ [44] и ВНИИМС [45]. Сотрудниками Сибирского филиала ВНИМИ и Омского государственного аграрного университета предложена технология получения структурированного концентрата молочной сыворотки за счет повышенного содержания сухих веществ. Концентрат рекомендован для использования в хлебопекарной, кондитерской промышленности, при производстве макаронных изделий и майонезов. Специалистами ВНИИМС разработана технология концентрата в брикетах на основе соленой молочной сыворотки и отрубей. Концентрат предназначен для использования в пищевой промышленности или в качестве кормового средства в виде блоков-лизунцов.

16.3.3. Технология бифидогенных концентратов из молочной сыворотки с промежуточной влажностью

Анализ результатов экспериментальных исследований позволил установить оптимальные параметры процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной гидролизатом обезжиренного молока: температура (82 ± 4) °C; продолжительность термостатирования (34 ± 2) мин; доза гидролизата ($5,5 \pm 1$)% [35]. Соблюдение указанных технологических параметров обеспечивает:

- достижение высоких значений выхода конечных продуктов (степень изомеризации — 35–40% лактулозы от исходной концентрации лактозы в сыворотке);
- минимальное образование продуктов побочных реакций данных дисахаридов, протекающих в присутствии щелочного катализатора;
- максимальное сохранение биологической ценности, физико-химических свойств и органолептических показателей молочной сыворотки.

Технологический процесс получения бифидогенных концентратов. При создании технологии бифидогенного концентрата за основу были приняты установленные выше параметры изомеризации лактозы, а также специфические требования к обработке сырья, выявленные в ходе экспериментальных исследований [35]:

- рекомендуется проводить ферментативный гидролиз белков молока в обезжиренном молоке с использованием панкреатина, вносить готовый гидролизат в сыворотку необходимо до введения щелочного реагента;
- в качестве щелочного реагента предложено использовать гидроксид кальция (в виде насыщенного водного раствора), имеющий низкую растворимость, но допустимый для использования в пищевых продуктах в аспекте их медико-биологической и экологической безопасности;
- по завершении процесса изомеризации лактозы для предотвращения автокаталитического распада лактулозы сыворотку необходимо охлаждать до температуры не выше 40 °C (за исключением случаев, когда она непосредственно подается на сгущение) и подкислять до значений pH ($7,5 \pm 0,5$) сквашенной сывороткой с титруемой кислотностью (80–100) °T;
- сгущенные бифидогенные концентраты предложено вырабатывать с использованием стабилизаторов консистенции — модифицированного крахмала или Na-карбоксиметилцеллюлозы в количестве 2–2,5% от массы сыворотки;
- рекомендуемые дозы стабилизаторов консистенции обеспечивают значения активности воды, при которых подавляется развитие вегетативных и споровых форм микроорганизмов и достигаются продленные сроки хранения концентратов с промежуточной влажностью,
- при указанных дозах внесения стабилизаторов консистенция продукта остается текучей, что не затрудняет его фасование;
- при производстве «ГМБ (Ж)» с массовой долей сухих веществ 5,5% вносить стабилизатор не целесообразно, так как показатель активности воды понижается незначительно,
- для сухих концентратов вносить стабилизаторы не рекомендуется, в связи с повышением вязкости продукта, что затрудняет процесс сушки.

Разработка технологии концентратов проводилась с учетом анализа известных способов производства сиропов лакто-лактuloзы [46, 47, 48] и бифидогенных добавок на основе молочной сыворотки [49, 50, 51, 52].

Необходимое количество сырья и основных материалов для получения 1000 кг бифидогенных концентратов представлено в табл. 16.23 [35].

Таблица 16.23. Расход сырья и основных материалов на 1 т бифидогенных концентратов «ГМБ»

Наименование сырья и основных материалов	Расход сырья, кг					
	«ГМБ (Ж)»	«ГМБ (20 %)»	«ГМБ (40 %)»	«ГМБ (65 %)»	«ГМБ (Рс)»	«ГМБ (Пл)»
Сыворотка подсырная обезжиренная (м.д. СВ 5,5%)	875,0	3434,2	6828,5	11161,3	17123,2	17235,4
Гидролизат обезжиренного молока:						
молоко обезжиренное	59,6	204,8	409,6	665,7	1021,2	1028,0
панкреатин	0,06	0,2	0,4	0,7	1,03	1,03
хлороформ	0,3	1,03	2,1	3,4	5,1	5,1
Кислая сыворотка	60,0	206,0	409,7	669,7	1027,4	1034,1
Гидроксид кальция	8,8	34,3	68,3	111,6	171,2	172,4
Стабилизаторы:						
Na-КМЦ	—	15,3	15,3	15,3	—	—
модифицированный крахмал	—	15,3	15,3	15,3	—	—
Вторичные продукты:						
сливки подсырные	8,6	29,8	58,7	96,8	148,5	149,4

Технологический процесс производства бифидогенного концентрата из подсырной сыворотки осуществляют в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис. 16.31 [35].

Перечень основного технологического оборудования, рекомендуемого для производства бифидогенных концентратов, приведен в табл. 16.24.

Таблица 16.24. Перечень основного технологического оборудования для производства бифидогенных концентратов

Наименование оборудования	Производительность, т/ч, емкость, м ³	Марка, тип
1. Насос центробежный	6,0	Г2-ОПА
2. Счетчик	—	SMZ-2P
3. Емкостной аппарат	10,0	Я1-ОСВ-1
4. Пастеризационно-охладительная установка	3,0	А1-ОКЛ-3
5. Насос центробежный	10,0	В2-ОМГ-10
6. Резервуар	10,0	Г2-ОПБ
7. Сепаратор	10,0	Ж5-ОХ2-С
8. Пластинчатый охладитель	10,0	ООУ-10
9. Реактор	2,5	РСЭ-2,5
10. Весы товарные	300 кгс	ВПА-300
11. Вакуум-выпарная установка	4000 кг исп. влаги/ч	Виганд-4
12. Насос ротационный	5,0	НРМ-5
13. Резервуар	6,3	В2-ОМВ-6,3
14. Насос винтовой	2,5–5,0	П8-ОНБ
15. Сушилка распылительная	135 кг исп. влаги/ч	А1-АРС
16. Сушилка вальцовая	250 кг исп. влаги/ч	СДА-250

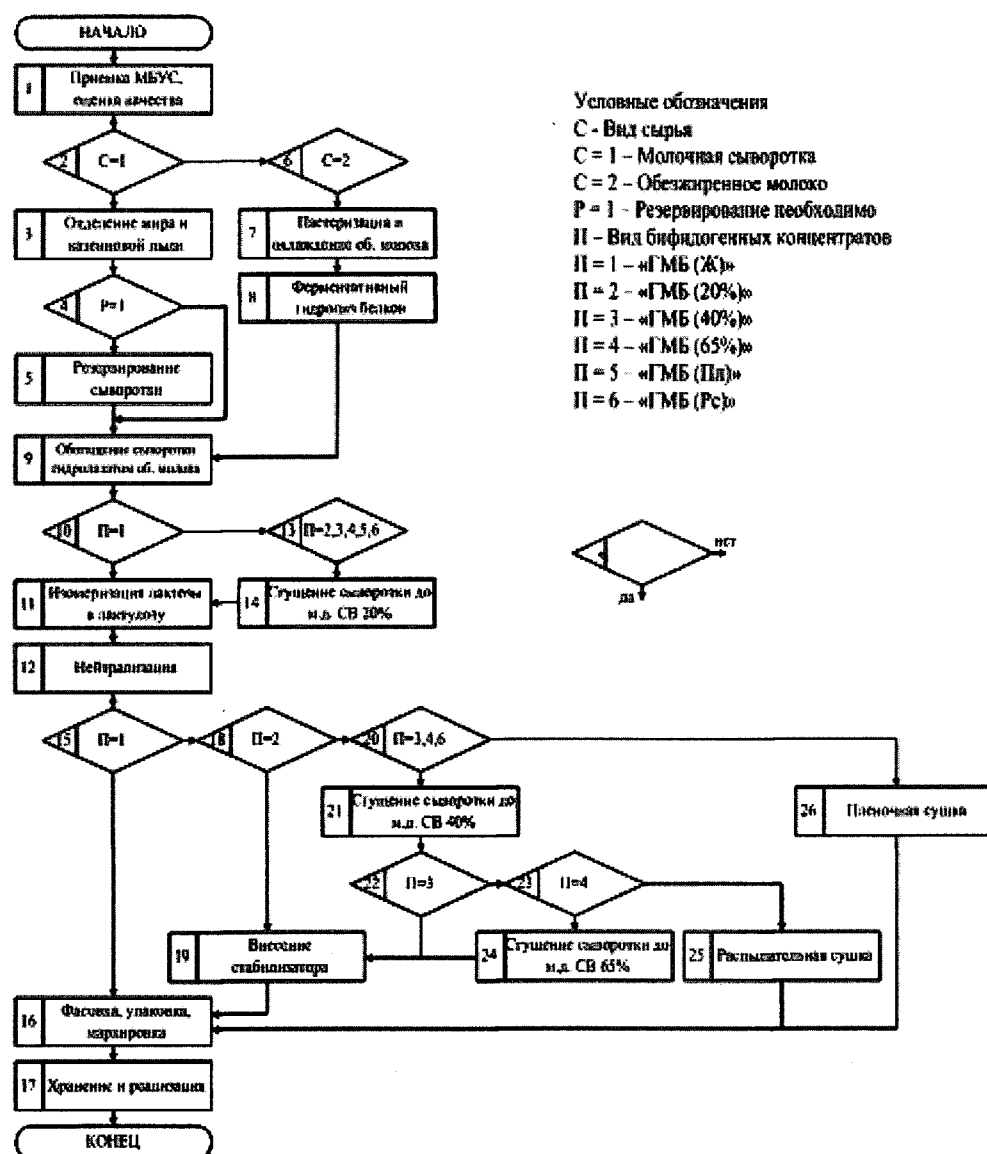


Рис. 16.31. Блок-схема алгоритма технологического процесса производства бифидогенных концентратов

Были проведены опытные выработки партий концентрата в сухом и в сгущенном (массовая доля сухих веществ 20%) видах на базе ФГУП НИИКИМ. Анализ технологического процесса и состава полученных образцов концентрата позволил уточнить параметры основных технологических операций и разработать техническую документацию (ТУ 9229-003-05324181-07 и СТО 02067965-001-2008). Новизна технических решений разработанного способа получения бифидогенных концентратов с промежуточной влажностью защищена патентом РФ [53].

Анализ экономической эффективности внедрения технологии концентратов. Для оценки экономической эффективности внедрения разработанной технологии проводится анализ производства бифидогенных концентратов «ГМБ». Преимущества предлагаемой к внедрению технологии заключаются в том, что ее применение дает возможность получить продукт высокой питательной и биологической ценности, обогащенный бифидус-фактором (лактозой), гидролизатом обезжиренного молока, который содержит легкоусвояемые пептиды и аминокислоты. Дополнительные капитальные затраты быстро окупятся за счет более высокой рентабельности производства. Уникальные питательные и лечебно-профилактические свойства разрабатываемых концентратов обуславливают их высокую коммерческую цену, что дает возможность получения высокой прибыли, компенсирующей большую себестоимость концентратов «ГМБ».

Уникальные питательные и лечебно-профилактические свойства бифидогенных концентратов дают возможность получения высокой прибыли предприятию-изготовителю, компенсирующей незначительное превышение себестоимости внедряемого продукта за счет обогащения гидролизатом обезжиренного молока. Освоение на предприятиях молочной отрасли выпуска бифидогенных концентратов не требует значительных капитальных затрат, так как внедрять технологии можно на базе имеющегося технологического оборудования предприятия.

Экономические расчеты эффективности производства продуктов из вторичного молочного сырья выполняются на основе критерия и системы показателей эффективности производства, отражающих использование отдельных ресурсов производства и получение определенных результатов: годовой экономии, прироста прибыли, рентабельности, окупаемости капитальных вложений и других.

Оптовая цена бифидогенных концентратов устанавливается на уровне цены молочной сыворотки при производстве жидкой добавки («ГМБ (Ж)»); при выработке сгущенных («ГМБ (20%)», «ГМБ (40%)» и «ГМБ (65%)») или сухих («ГМБ (Рс)» и «ГМБ (Пл)») концентратов — соответственно, на уровне цены сгущенной или сухой молочной сыворотки. Расчет себестоимости одной тонны продукта и экономической эффективности проекта представлен в табл. 16.25.

Маркетинг бифидогенных концентратов. Маркетинг бифидогенных концентратов как система управления производством и сбытом, ориентированная на требования рынка, запросы потребителей и получение прибыли, в качестве обязательных элементов включает изучение потребительских и товарных свойств готового продукта, анализ состояния и тенденций развития рынка и разработку информационно-рекламного обеспечения [54].

Бифидогенные концентраты (добавки), как товар, характеризуются качественными показателями, которые регламентируются нормативно-технической документацией. Подвергаются анализу только основные показатели бифидогенных добавок, в том числе внешний вид и консистенция, массовая доля сухих веществ, лактозы, лактулозы и кислотность. Основным компонентом добавок, придающим им бифидогенные свойства, является лактулоза [55, 56].

Маркетинговые исследования показывают, что потребитель был частично ознакомлен с товаром «лактолоза» в качестве лекарства, применяющегося при лечении и профилактике желудочно-кишечных заболеваний и печеночной недостаточности. Основные направления

использования лактулозы, примерные объемы потребления лактулозы, а также сегментирование российского рынка показаны на рис. 16.32 [57].

Таблица 16.25. Калькуляция себестоимости одной тонны бифидогенных концентратов

Показатель	Ед. измерения	«ГМБ (Ж)»	«ГМБ (20 %)»		«ГМБ (40 %)»		«ГМБ (65 %)»		«ГМБ (Рс)»	«ГМБ (Пл)»
			На-КМЦ	МК	На-КМЦ	МК	На-КМЦ	МК		
Сырье и основные материалы	руб.	1343	6194	5812	11203	10821	17551	17169	25171	25336
Вспомогательные материалы	руб.	134,3	619,4	581,2	1120,3	1082,1	1755,1	1716,9	2517,1	2533,6
Энергозатраты	руб.					4079,4				
Заработная плата	руб.	3603	5044	5044	5044	5044	5044	5044	5764	5764
Амортизационные отчисления	руб.					250				
Содержание и текущие расходы	руб.					264				
Условно-постоянные расходы	руб.	53,7	247,8	232,5	448,1	432,9	702,0	686,8	1006,8	1013,5
Фабрично-заводская себестоимость	руб.	9727,4	16698,6	16263,1	22408,8	21973,4	29645,5	29210,1	39052,3	39240,5
Коммерческие расходы	руб.	972,7	1669,9	1626,3	2240,9	2197,3	2964,6	2921	3905,2	3924,1
Полная себестоимость	руб.	10700,1	18368,5	17889,4	24649,7	24170,7	32610,1	32131,1	42957,5	43164,6
Рентабельность производства	%	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Прибыль от реализации	руб.	2140,0	3673,7	3577,9	4929,9	4834,1	6522,0	6426,2	8591,5	8632,9
Оптовая цена	руб.	12840,1	22042,2	21467,3	29579,6	29004,8	39132,1	38557,3	51549,0	51797,5
Годовая прибыль от реализации	тыс. руб.	1070,0	1836,9	1788,9	2465,0	2417,1	3261,0	3213,1	4295,8	4316,5
Кап. вложения	руб.					720130				
Срок окупаемости кап. вложений	лет	0,62	0,33	0,40	0,30	0,30	0,22	0,22	0,16	0,17

В то же время следует отметить, что имеющиеся на рынке отечественные и зарубежные препараты лактулозы ориентированы на фармацевтическую и, в меньшей степени, на пищевую промышленность. Применение их в кормопроизводстве нецелесообразно по причине их дороговизны и низкой кормовой ценности. Таким образом, можно сделать вывод о том, что на рынке нет аналогов предлагаемой разработки — кормовых концентратов, содержащих лактулозу.

Жизненный цикл продукции характеризуется изменениями объемов продаж и прибыли от его реализации. Анализ информации показывает, что бифидогенные добавки на рос-

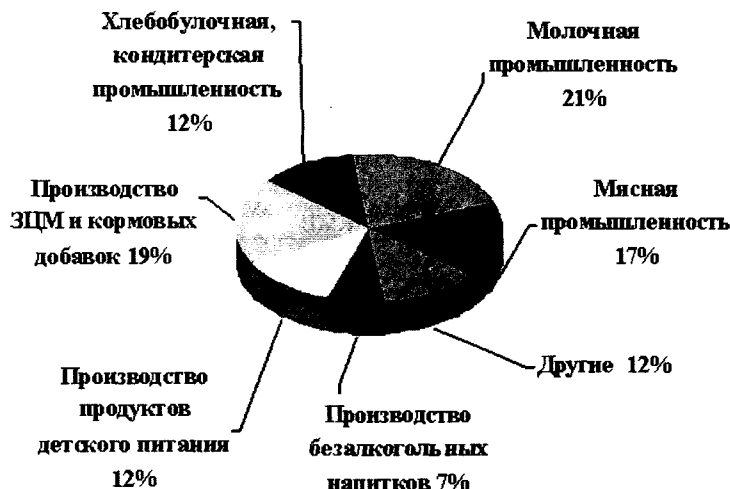


Рис. 16.32. Сегментирование рынка лактулозы

сийском рынке проходят стадию внедрения и начала роста. Выход товара на рынок должен сопровождаться рекламой, так как товар пока малоизвестен потребителю. Необходимо дать покупателю информацию о существовании товара, его потребительских свойствах. Таким образом, маркетинговые исследования показывают, что рынок бифидогенных концентратов в России обладает определенной привлекательностью, обусловленной его потенциалом, доступностью и предполагаемой доходностью.

Экологический мониторинг технологии бифидогенных концентратов «ГМБ». В соответствии с методологией экологической оценки технологии продуктов на молочной основе, разработанной академиком Н. Н. Липатовым, определяющими факторами, влияющими на загрязнение продукции, являются: качество сырья, уровень техники и технологии, организация производства, санитарное состояние производства; качество и количество необходимых воды и воздуха [58].

С целью обеспечения безопасности и экологичности технологий бифидогенных концентратов и оперативного контроля отдельных технологических операций, проведен анализ потенциальных загрязнений сырья и готовой продукции, выбросов в окружающую среду на каждой стадии технологического процесса и методов их предотвращения.

Для получения высококачественных и безопасных бифидогенных концентратов в качестве сырья необходимо использовать молочную сыворотку, соответствующую требованиям ТУ по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. На экологическую чистоту продукта существенно влияет внесение реагентов в процессе изомеризации. В качестве катализатора при производстве бифидогенных концентратов используется гидроксид кальция, соответствующий требованиям ГОСТ 9262–77. Он экологически безопасен, не содержит примесей токсичных и вредных веществ, кроме того, обогащает концентрат кальцием [59, 60].

При проведении экологического мониторинга исключительно важным является анализ потенциальных рисков микробиологического загрязнения концентратов. Результаты исследований показывают, что при изомеризации благодаря жесткой тепловой обработке микрофлора, попавшая в растворы с водой, сырьем и из других источников, погибает. Наиболее

вероятный момент повторного обсеменения в технологическом цикле — процесс нейтрализации изомеризованной молочной сыворотки.

Создание экологически чистой технологии предусматривает сведение к минимуму материальных (сточные воды, выбросы вредных веществ в атмосферу и др.) и энергетических (шум, вибрация, тепловая энергия) загрязнений окружающей среды. Воздействие производства на окружающую среду зависит от количества, качества и способов очистки и выброса дымовых газов, отработавшего воздуха, паро-воздушных смесей и конденсата. Все это в основном зависит от общей оснащенности предприятий современным оборудованием, постоянного совершенствования материально-технической базы и общей культуры производства.

В целом, оценивая экологичность технологии бифидогенных концентратов, следует отметить их безопасность для человека и окружающей среды при условии соблюдения правил техники безопасности и эксплуатации оборудования, санитарных норм и правил, а также приведенных выше рекомендаций. Для контроля экологической безопасности продукции была адаптирована система ХАССП [61, 62].

Определение рисков и критических контрольных точек при производстве бифидогенных концентратов «ГМБ». Внедрение системы ХАССП (Анализ рисков и критические контрольные точки) позволяет контролировать весь технологический процесс, оценивать серьезность всех опасностей и вероятностей их возникновения [61, 63]. Критические контрольные точки определялись методом «дерева принятия решений». При поэтапном рассмотрении всего технологического процесса была составлена типовая система ХАССП. Перечень критических контрольных точек (ККТ) представлен в табл. 16.26.

Таблица 16.26. Перечень критических контрольных точек производства концентратов «ГМБ»

ККТ	Наименование операции технологического процесса	Наименование контрольных параметров	«ГМБ (Ж)»	«ГМБ (20%)»	«ГМБ (40%)»	«ГМБ (65%)»	«ГМБ (Ц)»	«ГМБ (Рс)»
ККТ 1	Приемка и оценка качества сырья	КМАФАнМ, БГКП, дрожжи, плесневые грибы	+	+	+	+	+	+
ККТ 2	Пастеризация и охлаждение обезжиренного молока	БГКП, дрожжи, плесневые грибы	+	+	+	+	+	+
ККТ 3	Гидролиз белков молока	БГКП, патогенные	+	+	+	+	+	+
ККТ 4	Ступение	БГКП, дрожжи и плесени	–	+	+	+	+	+
ККТ 5	Фасовка	КМАФАнМ, БГКП, патогенные, дрожжи, плесневые грибы	+	+	+	+	+	+

Регулярное и постоянное изменение, наблюдение, оценка всех аспектов комплексной переработки молочного сырья и реализации готовой продукции позволяют гарантировать соответствие параметров заданным нормативам и критическим пределам. Мониторинг позволяет оценить безопасность выпускаемой продукции для здоровья человека.

Адаптация системы ХАССП наряду с принятыми в отрасли показателями контроля по технической документации совместно с освоением ресурсосберегающих технологий будет способствовать научно-техническому прогрессу в молочном деле, обеспечит большую конкурентоспособность продукции на внутреннем и мировом рынке.

В целом можно считать, что разработанная технология получения бифидогенных концентратов является экологически безопасной. Это новое научное направление формирования

продуктов с промежуточной влажностью заслуживает всяческого внимания науки и практики, особенно в плане ресурсо- и энергосбережения.

16.4. Сухие продукты на основе молочной сыворотки

Получение сухой молочной сыворотки всегда являлось престижным для отрасли. Именно сушка снимает все проблемы полного и рационального использования этого неизбежного вида молочного сырья, особенно на крупных, специализированных предприятиях. К сожалению, простого копирования сушки молока цельного и обезжиренного, применительно к молочной сыворотке не получается, — снижение производительности, пригар, комкование и даже взрыв. Глубинные причины были исследованы Н. Е. Заец [64] для подсырной сыворотки, Ю. И. Филатовым [65] для творожной сыворотки и П. Г. Нестеренко [66] для делактозированной сыворотки (смеси альбуминного молока и мелассы). Речь идет только о сушке распылением.

Пленочные сушилки ушли в прошлое. Сублимация пока дорога. Пенная сушка [67] не реализована. Попытки решения проблемы за счет внесения наполнителей — мука, яйца и др. остаются эксклюзивом. На практике пока существует одно реализованное решение — кристаллизация лактозы в сгущенной сыворотке перед сушкой. Зарубежные фирмы предлагают массу вариантов аппаратного оформления процесса.

Для молочной отрасли России особый интерес представляют разработки АО «ВЗДУХОТОРГ» (Словакия, директор Павел Мертин), которые многолетней практикой сотрудничества с ВНИМИ (академик В. Д. Харитонов с колл.) доказали свою жизнеспособность и тиражируются в России, а так же на постсоветском пространстве (Украина, Белоруссия и др.) [68]. Оптимизированный вариант крупнотоннажного производства сухой молочной сыворотки на промышленных модулях «ВЗДУХОТОРГА» успешно реализованы. [69]. В целом тематика по сушке молочной сыворотки заслуживает системного исследования и специальной публикации.

В инновационном плане, по нашему мнению, представляет интерес получение сухих продуктов с бифидогенным фактором из молочной сыворотки — концентраты бифидогенные углеводные (КБУ), на ее основе с обогащением белками животного и растительного происхождения (Лактобел, Лактобел — ЭД, Лакт-ОН, БУД-СОМ) и продуктов ее переработки (БУДы, БИКОДО). Для информации излагается логистика развития технологии бифидогенных (пребиотических) концентратов на основе молочной сыворотки [70, 71] и новые разработки — «Лактобел-ЭД» и «Лакт-ОН» [72, 73].

При этом следует иметь в виду, что получение сухой деминерализованной сыворотки с легкой руки Н. Я. Дыкало [74] и благодаря невероятным усилиям творческого коллектива проф. И. А. Евдокимова стало в нашей стране реальностью [75, 76]. Это как бы наше будущее, которое уже присутствует в настоящем — отдельная тема для публикации. Данное положение относится так же к биомембранной технологии получения молочных полисахаридных концентратов, в рамках технологии «Био-Тон» [77, 78], которая приводится в настоящей главе.

16.4.1. Инновационные технологии сухих бифидогенных концентратов на основе молочной сыворотки

Научная гипотеза о возможности получения концентратов с пребиотическими свойствами из молочного лактозосодержащего сырья основана на результатах многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых, подтверждающих бифидогенную активность лактулозы [79, 80]. В настоящее время наиболее эффективным и масштабируемым в промышленных условиях способом направленного синтеза лактулозы является реакция внутримолекулярной перегруппировки (*L-A*-трансформации) лактозы, катализируемой щелочными реагентами [81, 82]. Наряду с растворами молочного сахара для получения концентратов, обогащенных лактулозой, могут быть использованы различные виды лактозосодержащего молочного сырья: молочная сыворотка (подсырная, творожная, казеиновая), меласса молочного сахара-сырца и рафинированного [83, 84].

Творческим коллективом кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского государственного технического университета в рамках решения комплексных задач научно-го направления «Технология живых систем» по полному и рациональному использованию вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности на протяжении ряда лет реализуются исследования по получению бифидогенных концентратов. Под термином «бифидогенные концентраты» объединяют сгущенные и сухие продукты на основе молочной сыворотки с пребиотической активностью, получаемые с использованием процессов направленной химической и биологической трансформации компонентов сырья (лактозы и сывороточных белков) [71, 81, 85].

Изучены закономерности процесса изомеризации лактозы в лактулозу с использованием в качестве щелочного катализатора реакции гидроксидов кальция и натрия, щелочной фракции электрохимически активированной воды, анионообменных смол в натуральной и концентрированной молочной сыворотке (подсырной и творожной). Результаты исследований [86, 87] послужили основой разработки технологии бифидогенных концентратов из молочной сыворотки и продуктов ее переработки и комплекта технической документации на их производство.

По результатам исследований, направленных на повышение биологической ценности концентратов с пребиотическими свойствами, разработана технология комбинированного продукта с бифидогенными свойствами, получившего фирменное название «БУК-СОМ» [88]. Для производства концентрата используются все виды натуральной молочной сыворотки, обезжиренное молоко и соевое молоко. Разработана техническая документация на производство продукта «БУК-СОМ» двух видов: сухой концентрат распылительной сушки и продукт с промежуточной влажностью, что обеспечивает замкнутый цикл производства и экологическую чистоту разработанной технологии. Перечень сухих концентратов, вырабатываемых из/на основе молочной сыворотки приведен в табл. 16.27 [71, 88, 89].

Таблица 16.27. Перечень технических документаций на сухие бифидогенные концентраты

Наименование продукта	Номер ТУ
Сухие концентраты из молочной сыворотки «КБУ-Рс» — распылительной сушки, «КБУ-Пс» — пленочной сушки	ТУ 9229–021–00672610–99
Бифидогенный концентрат из молочного белково-углеводного сырья «Лактобел» *	ТУ 9229–038–00437062–01
Комбинированный продукт «БУК-СОМ»	ТУ 9229–022–02067965–02

* Документация разработана совместно с ОАО «Молкомбинат Ставропольский»

Физико-химические показатели сухих бифидогенных концентратов на основе молочной сыворотки представлены в табл. 16. 28.

Таблица 16.28. Физико-химические показатели сухих бифидогенных концентратов

Показатели	Норма для продуктов			
	КБУ-Рс	КБУ-Пл	Лактобел	БУК-СОМ
Массовая доля сухих веществ, %, не менее: в т. ч.	95,0	95,0	95,0	95,0
лактозы, %, не менее	10,0	10,0	10,0	8,0
белка, %, не менее	—	—	22,5	36,0
зола, %, не более	20,0	20,0	12,0	12,0
Кислотность восстановленного концентрата до массовой доли сухих веществ 6,5 %, °Т, не более	20	20	25	25
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка, не более	1,5	2,5	1,0	2,0

Технологии концентратов КБУ, «Лактобел», «БУК-СОМ» неоднократно освещались на страницах журнала «Молочная промышленность», научно-практических семинарах, проводимых НОУ ОНТИЦ молочной промышленности [70, 71, 85, 89, 90].

В последние годы с учетом современных достижений нано- и биотехнологии наметился ряд направлений совершенствования технологии концентратов функционального назначения на основе молочной сыворотки [91]. Применение баромембранных и электромембранных методов обработки вторичного молочного сырья открывает новые возможности совершенствования технологии бифидогенных концентратов, обогащенных лактулозой [85]:

- получение концентратов с регулируемым минеральным составом (электродиализ, анионообмен);
- обогащение гидролизатами сывороточных белков (ультрафильтрация);
- исключение использования щелочных катализаторов реакции изомеризации лактозы за счет применения безреагентных методов регулирования *pH* вторичного молочного сырья (электрохимическая активация, анионообмен);
- предварительное концентрирование молочной сыворотки методом обратного осмоса.

Система технологий бифидогенных концентратов на основе молочной сыворотки находится в стадии интенсивного развития, постоянно пополняясь новыми альтернативными вариантами за счет результатов фундаментальных и прикладных исследований процессов направленной физико-химической и биологической трансформации компонентов молочного сырья, баро-, электро- и биомембранной обработки. По мнению А. Д. Лодыгина [92], ассортимент бифидогенных (пребиотических) концентратов, обогащенных лактулозой, в перспективе может быть представлен четырьмя линейками продуктов с регулируемым углеводным, минеральным и аминокислотным составом, включающими более 20 наименований. Ассортиментное разнообразие бифидогенных концентратов обеспечивается за счет получения различных готовых форм (концентрированные, сгущенные, сухие), управляемого обогащения незаменимыми нутриентами и ростовыми факторами бифидобактерий (белки молочного и растительного сырья, их гидролизаты, бифидогенные олигосахариды), применения альтернативных способов изомеризации лактозы в лактулозу (комплексные щелочные реагенты, электрохимическая активация, анионообмен).

Перспективным направлением является получение бифидогенных концентратов с регулируемым минеральным составом на основе электромембранной обработки молочной сыворотки. Использование процесса электродиализа позволяет применить для изомеризации лактозы в лактулозу эффективный катализатор — гидроксид натрия, получить кон-

центраты с регулируемым уровнем деминерализации и улучшенными органолептическими показателями.

Технология пищевого бифидогенного концентрата «Лактобел-ЭД». По результатам экспериментов были установлены оптимальные параметры процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной деминерализованной сыворотке [93]:

- массовая доля сухих веществ сыворотки (20 ± 2) %;
- температура процесса (70 ± 2) °C;
- продолжительность термостатирования (30 ± 2), минут;
- уровень деминерализации (70–90) %.

Технологический процесс производства концентрата включает следующие операции:

- приемка и подготовка сырья;
- сгущение сыворотки;
- деминерализация сыворотки;
- изомеризация лактозы в деминерализованной сыворотке;
- сгущение обезжиренного молока;
- составление смеси;
- распылительная сушка концентрата;
- упаковка, маркировка и хранение.

Приемку сырья производят по массе и качеству в соответствии с требованиями действующей технической документации и гигиеническими требованиями. В случае резервирования, сыворотку и обезжиренное молоко необходимо направлять на охлаждение до температуры (6 ± 2) °C, после чего сырье допускается хранить при указанной температуре не более 24 ч.

Сепарирование сыворотки с содержанием жира более 0,1 % и наличием казеиновой пыли рекомендуется проводить на сепараторах марки Ж5-ОХС или А1-ОХ2-С при температуре (38 ± 2) °C. Сыворотку после сепарирования направляют в накопительный резервуар и затем на сгущение в вакуум-выпарных аппаратах любых конструкций при температуре кипения продукта (60 ± 5) °C до массовой доли сухих веществ (22 ± 2) %.

Деминерализацию сыворотки проводят на электродиализных установках различных конструкций для улучшения органолептических показателей, снижения массовой доли минеральных веществ в готовом продукте, уменьшения расхода щелочных катализаторов реакции изомеризации лактозы в лактулозу.

Изомеризацию лактозы в лактулозу в деминерализованной сгущенной сыворотке проводят в емкостных аппаратах из нержавеющей стали, оснащенных мешалкой и рубашкой, или в реакторах. Щелочные реагенты предварительно растворяют в небольшом количестве воды и при необходимости фильтруют. Приготовленный раствор вносят в подогретую до (70 ± 2) °C сыворотку с целью доведения ее pH до ($11 \pm 0,5$), термостатируют при постоянном перемешивании в течение (30 ± 2) мин.

Сгущение обезжиренного молока осуществляется в вакуум-выпарных аппаратах любых конструкций при температуре кипения продукта (60 ± 5) °C до массовой доли сухих веществ 42–45 %.

Стандартизацию состава сгущенной смеси осуществляют по содержанию сухих веществ в сгущенной сыворотке и сгущенном обезжиренном молоке. Процентное соотношение сгущенной сыворотки к сгущенному обезжиренному молоку должно составлять 60: 40. Смесь перемешивают и направляют на сушку.

Сушку продукта осуществляют на распылительных сушилках. При сушке необходимо соблюдать следующие температурные режимы: температура воздуха на входе в сушильную камеру (175 ± 5) °C, температура воздуха на выходе из камеры — (85 ± 5) °C.

Продукт упаковывают в многослойные бумажные непропитанные мешки по ГОСТ 2226–88 с полиэтиленовыми мешками-вкладышами по ГОСТ 10354–82 массой нетто

(25±0,2) кг. Допускается упаковка продукта в фанерно-штампованные бочки вместимостью 50 дм³ по ТУ 10–10–739–88 с полиэтиленовыми мешками-вкладышами по ГОСТ 10354–82 с герметично заделанными швами.

Технологическая линия производства пищевого бифидогенного концентрата «Лактобел-ЭД» представлена на рис. 16.33 [72].

По результатам исследований и опытно-промышленных выработок разработана и утверждена техническая документация на производство бифидогенного концентрата «Лактобел-ЭД» техническая ТУ 9229–001–79993300–2006. Состав, физико-химические показатели и функционально-технологические свойства концентрата «Лактобел-ЭД» приведены в табл. 16.29 [72].

Таблица 16.29. Состав и показатели качества концентрата «Лактобел-ЭД»

Наименование показателя	Норма или значение для продукта
Массовая доля сухих веществ, %, не менее в т.ч.:	95,0
лактолозы, %, не менее	8,0
белка, %, не менее	23,5
зола, %, не более	10,0
Кислотность продукта, восстановленного до массовой доли СВ 8,5 %, °Т	10
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка	0,3
Водопоглощающая способность	172±5
Жиропоглощающая способность	140±4
Набухаемость	145±2
Эмульгирующая способность, г жира на 1 г белка	120±2

Для оценки экономической эффективности внедрения разработанной технологии проводится анализ производства сухого концентрата «Лактобел-ЭД». Предлагаемая технология позволяет получить продукт высокой биологической ценности, что объясняется повышенным содержанием лактулозы, сбалансированностью состава казеина и сывороточных белков.

При внедрении технологии на базе цехов сушки предприятий молочной промышленности необходимы дополнительные капитальные затраты на установку оборудования для электродиализной обработки молочной сыворотки и изомеризации лактозы в лактулозу. Уникальные питательные и лечебно-профилактические свойства разрабатываемого концентрата обуславливают его высокую коммерческую цену, что дает возможность получения высокой прибыли, компенсирующей большую себестоимость концентрата «Лактобел-ЭД».

Расчет экономической эффективности внедрения технологии концентрата проводился для типового цеха мощностью 1000 кг готового концентрата в смену. Количество рабочих дней в году принято равным 250 при двухсменном режиме работы. Результаты расчета технико-экономических показателей приведены в табл. 16.30.

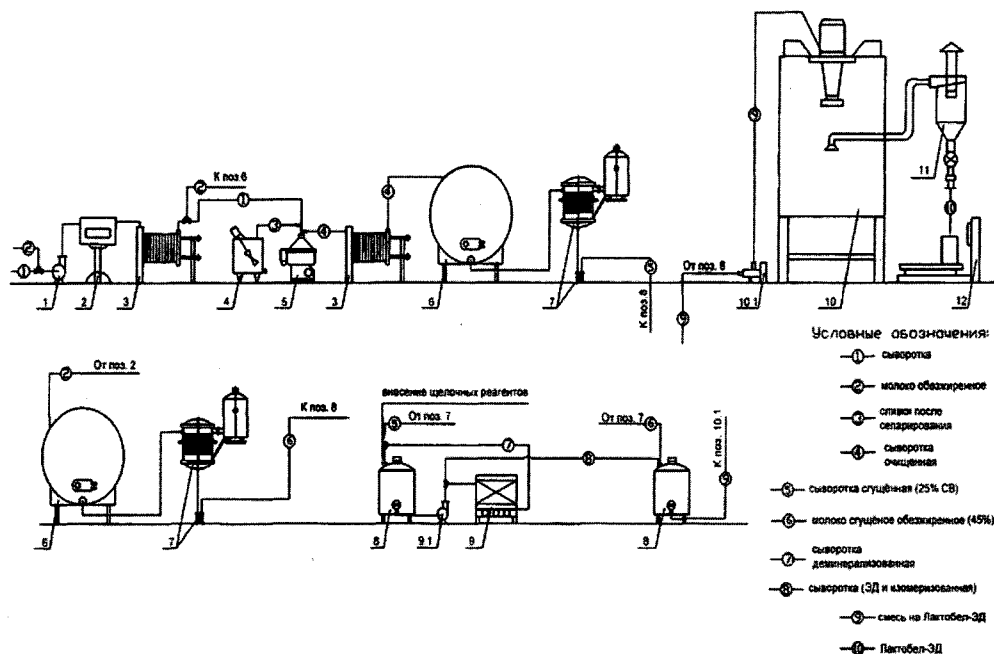


Рис. 16.33. Аппаратурно-процессовая схема производства бифидогенного концентрата «Лактобел-ЭД»: 1 — насос центробежный, 2 — счетчик, 3 — теплообменник, 4 — ванна для подсырных сливок, 5 — саморазгружающийся сепаратор, 6 — резервуар, 7 — вакуум-выпарная установка, 8 — емкостной аппарат, 9 — электродиализная установка, 9.1 — насос в составе электродиализной установки, 10 — распылительная сушилка, 10.1 — насос винтовой, 11 — циклон, 12 — весы

Таблица 16.30. Техничко-экономические показатели эффективности внедрения технологии концентрата «Лактобел-ЭД»

Показатель	Ед. измерения	Значение
Полная себестоимость 1 т продукции	руб.	35725,14
В том числе:		
сырье и основные материалы	руб.	30130,5
вспомогательные материалы		301,30
энергозатраты		64,13
зарботная плата		3480,38
амортизационные отчисления		245,58
содержание и текущие расходы		267,05
условно-постоянные расходы		1205,22
Рентабельность производства	%	20
Прибыль от реализации 1 т продукции	руб.	7138,84
Годовая прибыль от реализации продукции	руб.	3 569 420
Капитальные вложения	тыс. руб.	1452,52
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	0,4

Концентрат «Лактобел-ЭД» использован сотрудниками кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского государственного технического университета (проф. И. А. Евдокимов) совместно со специалистами молочного комбината «Ставропольский» (канд. техн. наук А. С. Гришина) при разработке технологии кисломолочных напитков с синбиотическими свойствами «Кремола» и «Ацилак». Сотрудниками кафедры технологии мяса и консервирования Северо-Кавказского государственного технического университета (зав. кафедрой С. И. Постников, канд. техн. наук В. В. Марченко) разработаны технологии новых видов колбасных изделий функционального назначения, обогащенных концентратом «Лактобел-ЭД». В перспективе концентрат может быть использован в качестве заменителя сухого обезжиренного молока при разработке технологий гаммы продуктов функционального питания — кисломолочных напитков, мороженого, плавленых сыров, хлебобулочных и кондитерских изделий.

Технология молочного белково-углеводного концентрата «Лакт-ОН». На базе кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского государственного технического университета, были проведены исследования по установлению оптимальных технологических параметров получения молочного белково-углеводного концентрата «Лакт-ОН» [73]. Технология концентрата «Лакт-ОН» отличается от аналога («Лактобел-ЭД») более высоким содержанием лактулозы, а также наличием гидролизатов казеина и сывороточных белков.

Способ получения концентрата основан на совместном проведении процессов щелочной изомеризации лактозы в лактулозу по механизму *LA*-трансформации и управляемого гидролиза казеина и сывороточных белков молока. Используемые режимы обработки молочного белково-углеводного сырья позволяют получить продукт с пребиотическими свойствами за счет наличия в его составе лактулозы, гидролизатов казеина и сывороточных белков. Кроме того, регулирование соотношения сгущенного обезжиренного молока и концентрированной молочной сыворотки в смеси, а также внесение в качестве щелочного катализатора реакции изомеризации лактозы в лактулозу гидроксида кальция позволяют получить продукт с заданными функционально-технологическими свойствами [94].

Технологическая система производства молочного белково-углеводного концентрата предусматривает применение концентрированной молочной сыворотки, сгущенного обезжиренного молока и нейтрализующих веществ. Разброс параметров состава определяет статистический характер оптимальности режимов проведения процессов и может быть компенсирован перераспределением материальных потоков и перестройки технологических схем (структуры) в зависимости от качества и количества сырья.

Одним из основных показателей разрабатываемого концентрата является содержание лактулозы, которая образуется в результате изомеризации лактозы. На изомеризацию существенно влияют: состав и концентрация смеси; pH среды; вид и доза катализатора; температура и продолжительность термостатирования.

Технологический процесс производства молочного белково-углеводного концентрата «Лакт-ОН» представлен на рис. 16.36 [73]. Разработана техническая документация на производство молочного белково-углеводного концентрата «Лакт-ОН» (СТО 02067965–004–2009).

С целью разработки рекомендаций по использованию препарата «Лакт-ОН» при производстве мясoproдуктов был изучен его химический состав и функционально-технологические свойства (ФТС). Результаты исследования химического состава и ФТС препарата «Лакт-ОН» приведены в табл. 16.31 [94].

Таблица 16.31. Химический состав и ФТС концентрата «Лакт-ОН»

Показатели	«Лакт-ОН»
Содержание, %	
влаги	3,0
сухих веществ	97,0
белка	24,89
углеводов, в том числе:	60
лактозы	13,95
галактозы	1,39
α-лактозы	27,91
β-лактозы	16,75
минеральных веществ	10,0
Величина pH	6,74
Водопоглощающая способность, %	172,0
Жиропоглощающая способность, %	160,5
Эмульгирующая способность, г жира на 1 г белка	233,3

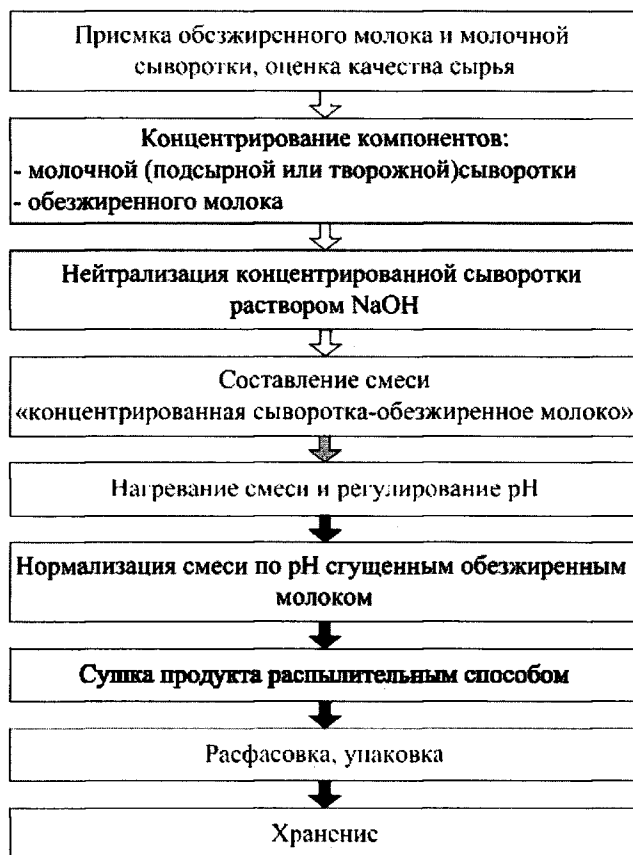


Рис. 16.34. Принципиальная схема получения молочного белково-углеводного концентрата «Лакт-ОН»

Согласно полученным данным, препарат содержит не менее 25 % молочного белка, что дает возможность его использования взамен части мясного сырья при производстве колбасных изделий. В рецептурах эмульгированных колбасных изделий с учетом адекватного содержания белка и ФТС препарата имеется возможность его предварительной гидратации в соотношении 1 : 1.

Следует отметить высокое содержание в препарате углеводной фракции (не менее 60 %) и способность лактозы как сильного восстановителя оказывать существенное влияние на механизм трансформации нитрита натрия и понижение его остаточного содержания в готовом продукте [95].

Для производства сыровоточного концентрата с заданным уровнем качества необходимо создание и функционирование системы, направленной на обеспечение качества сырья, подаваемого на производство, производственного процесса и готовой продукции, а также качество организации и управления на основе четкого распределения ответственности и полномочий по обеспечению качества между функциональными подразделениями предприятия и установление взаимодействия между ними. Для ее успешного функционирования необходимо организовать контроль по основным показателям в рамках конкретных производственных процедур с целью получения объективной информации и улучшения деятельности (рис. 16.35) [73].

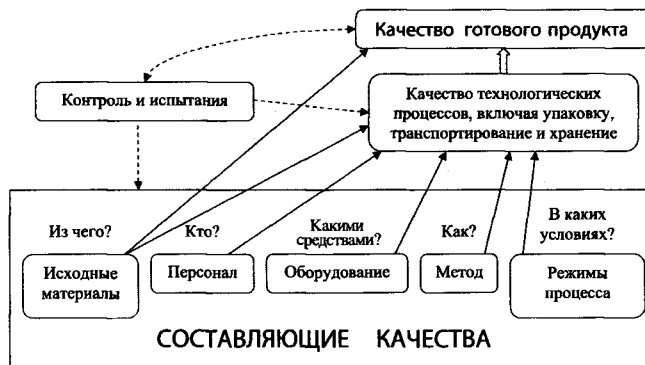


Рис. 16.35. Контроль основных показателей производства концентрата «Лакт-ОН»

Система ХАССП для производства молочного белково-углеводного концентрата предусматривает разработку на предприятии системы обеспечения безопасности и управления качеством с учетом специфики, характерной для предприятий молочной промышленности. Для производства концентрата «Лакт-ОН» были выявлены опасные факторы, предупреждающие действия и определены критические точки, требующие жесткого контроля.

16.4.2. Биомембранная технология молочного полисахаридного концентрата (МПК)

Формирование биомембранной технологии МПК в сухом виде на основе бесказеиновой фазы молока (БФ) проведено [78] в соответствии с современными подходами [96, 97, 98, 99] методологии технологических систем. При этом реализована вся иерархия (совокупность) физико-химических и биотехнологических процессов, их аппаратного оформления с целью получения продукта заданного качества в требуемом количестве (технологический комплекс). Используя терминологию общей теории систем, такие технологические комплексы

относят к сложным системам, в рассматриваемом случае — биотехнологическим системам (БТС). Одной из подсистем БТС в рамках современного молочного предприятия является разработанная биомембранная технология (БМТ) молочного полисахаридного концентрата (МПК).

Наглядное представление о физико-химической сущности технологических процессов БМТ МПК наиболее полно можно получить по модульно-операторной схеме, приведенной на рис. 16.36.

В соответствии с приведенной схемой биомембранная технология МПК основывается на применении семи модулей, включает 25 потоков, состоит из 12 аппаратурно-процессовых единиц. Особенностью предложенного модульного алгоритма БМТ МПК является введение положительной обратной связи, реализованной путем многократного использования разделяющего агента в виде смеси раствора полисахарида и концентрата БФ в заданном соотношении, а также применение многоуровневых критериев качества.

Каждый технологический элемент схемы представлен в соответствии с рекомендациями [100] в виде типового технологического оператора, совершающего определенную операцию в рамках сформированного модуля. Модуль регулирования состава включает в себя УФ-установку, ЭД-установку, устройства дозирования и смешивания.

Модуль биотехнологической обработки аппаратурно оформлен как дополнительный блок к электродиализной установке и позволяет направленно культивировать молочнокислые бактерии и непрерывно удалять продукты метаболизма, снижающие эффективность сквашивания. Концентрат, соответствующий заданному критерию качества, направляется на сгущение, сушку, фасовку и упаковку, затем на хранение при оптимальных условиях. Концентрирование и сушка [101] осуществляются в соответствии с общепринятым в отрасли [102] технологическим регламентом.

Продукт получил рабочее название концентрат сывороточно-полисахаридный (КСП) и торговую марку «Биопротектор».

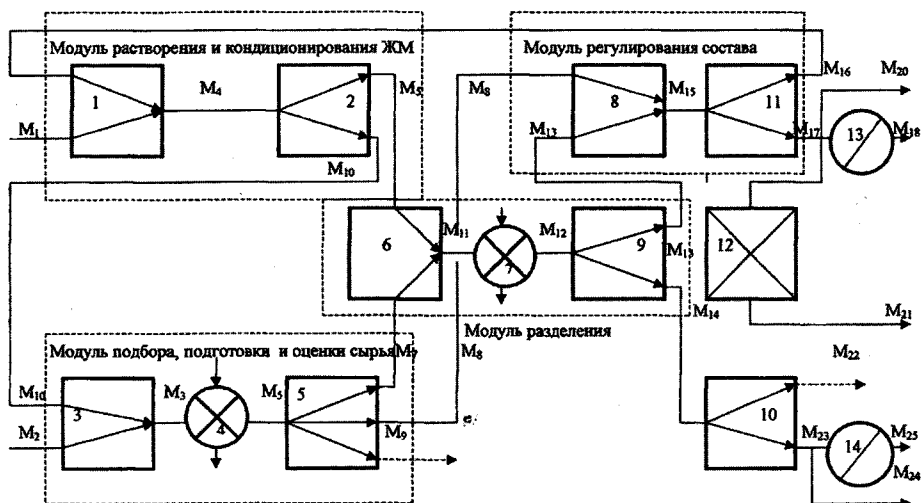


Рис. 16.36. Модульно-операторная схема биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата: 1, 3, 6, 8 — смешивание, 2, 9, 10, 11 — разделение, 4, 7 — нагревание/охлаждение, 5 — разделение/концентрирование, 12 — биохимическое превращение, 13, 14 — концентрирование/высушивание, M1—M25 — физические потоки

Формирование оптимальной структуры БМТ МПК связано с минимизацией ресурсных затрат, упрощением и сокращением числа аппаратурно-процессовых единиц, повышением надежности и снижением энергоемкости производства. Степень биомембранной обработки оценивалась по значению комплексного критерия качества D . Значения обобщенного критерия оценки химического состава каждого вида МПК в зависимости от способа обработки приведены в табл. 16.32 [78].

Таблица 16.32. Обобщенные показатели МПК

№ п/п	Уровень	Вид	D	Примечание
1	0	БФ (КСП)	0,36	Базаовый
2	1	МПК-ЭД	0,45	ЭД-50%
3	2	МПК-С	0,52	БФ+МС
4	3	МПК-УФ	0,44	УФ
5	4	МПК-ЭД-БО	0,45	ЭД/Био
6	5	МПК-КС	0,15	Конц.
7	6	МПК-КС-ЭД	0,26	Конц. ЭД
8	7	УФ-МПК	0,42	УФ сырья
9	8	МПК-КС-БО-С	0,5	Конц/био+МС
10	9	МПК-КС-УФ-С	0,64	Конц/УФ+МС
11	10	МПК-КБ	0,18	Комплекс КМЦ-СБ

Компонентный состав МПК в значительной степени обуславливает его биологическую активность за счет сывороточных белков, казеина и полисахарида. Реальные возможности многообразия ассортимента МПК можно показать на примере молочной основы (МО) для комплексных хлебопекарных улучшителей (КХУ). Технология МО КХУ разработана по инициативе Росхлебопродукта (А. Д. Куделя) совместно с СПб филиалом ГосНИИхлебопродуктов. Ассортимент и состав МО КХУ включает до 6 наименований. Физико-химические показатели МПК с различной глубиной биомембранной обработки приведены в табл. 16.33 [78].

Таблица 16.33 — Физико-химические показатели МПК

Показатель	МПК-0	МПК-1	МПК-2	МПК-3,4	МПК-5	МПК-6
Массовая доля, %						
сухих веществ	95±2	96±2	96±2	95±1	95±1	96±2
белка	12,3±2,1	16,5±2,1	36,3±1,6	12,8±2,1	27,5±2,1	33,5±2,1
лактозы	66,6±2,3	61,5±2,3	34,6±2,8	68,5±2,3	48,5±2,6	54,5±2,8
полисахаридов	10,2±1,5	8,8±1,6	20,1±2,2	10,3±1,4	12,5±1,8	2,2±0,6
зола	9,2±1,2	9,6±1,5	6,8±0,9	4,2±1,7	5,8±1,5	8,8±1,1
Кислотность*						
активная (рН)	6,2±0,2	6,3±0,2	6,2±0,2	6,1±0,2	4,1±0,2	6,4±0,2
титруемая (°Т)	48±6	55±5	65±10	55±5	75±10	55±10
буферная емк., мл/ед.рН	1,9	2,1	1,8	1,1	1,6	2,4

* Для концентрата с МДСВ 20%

Стабильность эмульсий, полученных с использованием молочных полисахаридных концентратов с различной степенью биомембранной обработки показана на рис. 16.37 [78].

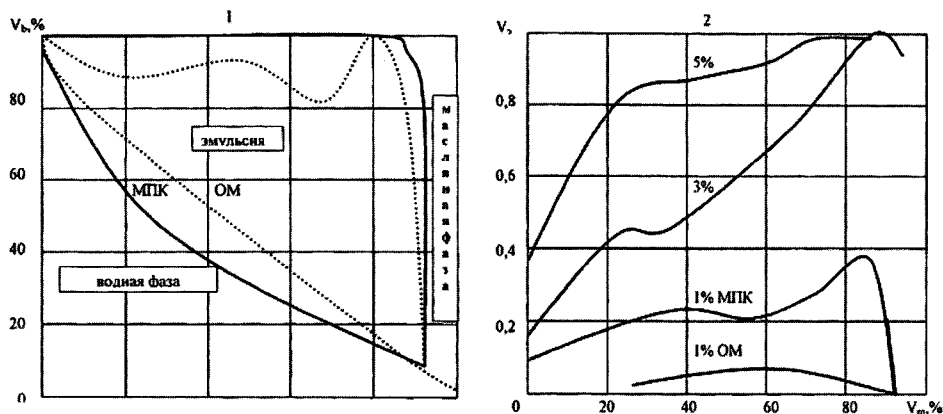


Рис. 16.37. Фазовая диаграмма (1) и флотационная устойчивость (2) эмульсий растворов МПК и СОМ

Из приведенных данных следует, что МПК с высокой степенью биомембранной обработки являются эффективными эмульгаторами. Обобщенные результаты исследования функциональных свойств МПК приведены в табл. 16.34 [78].

Таблица 16.34. Функциональные свойства МПК

Показатель	МПК-0	МПК-1	МПК-2	МПК-3,4	МПК-5	МПК-6
Эмульгирующая емкость, мл/г	24±2	28±2	36±3	26±2	22±2	30±3
Прочность геля, Н	2,9±0,2	2,2±0,2	4,2±0,3	4,6±0,3	2,4±0,2	—
Кратность пены, %	220±10	190±10	260±10	240±10	250±20	200±10
Стойкость пены, усл. ед.	0,72	0,8	0,78	0,76	0,81	0,68

Органолептически МПК имеют чистый, молочный с легким ароматом яблок (для пектина) вкус и запах, светло-кремовый однородный цвет. По консистенции сгущенный МПК — вязкая однородная жидкость, сухой — светло-кремовый гигроскопичный порошок. Насыпной вес сухого МПК составляет 440–460 кг/м³.

Растворимость сухих МПК составляет 0,08–0,15 мл сырого осадка. Равновесная влажность (рис. 16.38), углеводный состав (рис. 16.39) и дериватограммы — ДТА (рис. 16.40) характеризуют МПК как стабильную систему на основе молочного сырья с коррекцией полисахаридами [78].

Исследования сохранности сухих МПК показали, что их можно отнести к продуктам длительного хранения.

Портфель инноваций МПК включает шесть позиций, в т. ч. более 12 патентов, 7 новых методик, 6 модулей, 5 промышленных установок, 4 технических задания и нормативно-технических документации, перечень которых приведен ниже:

- бесказеиновой фазы (БФ) как исходного сырья;
- концентрата структурирующего пищевого (КСП) как промежуточного продукта;

- молочного полисахаридного концентрата исходного (нулевой уровень обработки) с соотношением БФ: ОМ 4:1;
- молочного полисахаридного концентрата с использованием ультрафильтрации (МПК-УФ);
- молочного полисахаридного концентрата с использованием электродиализа (МПК-ЭД двух уровней 50 и 70 %);
- молочного полисахаридного концентрата с биообработкой (биопротектор);
- казеина пищевой категории качества;
- комплекса «сывороточные белки – полисахарид»;
- ионной фазы (ИФ).

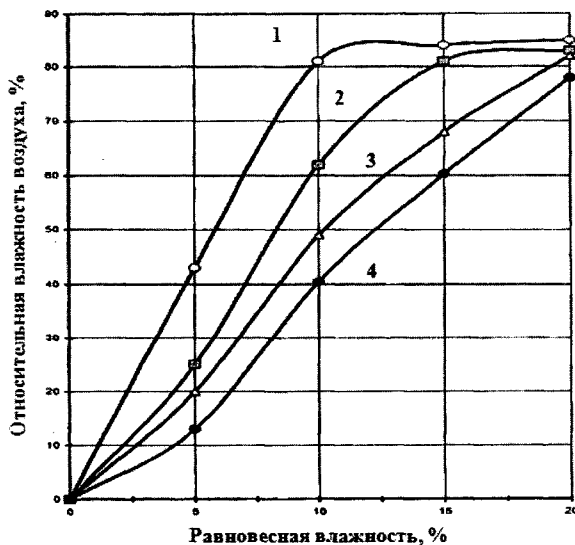


Рис. 16.38. Изотермы сорбции сухих продуктов: 1 — МПК, 2 — ОМ, 3 — КНК, 4 — казеинат

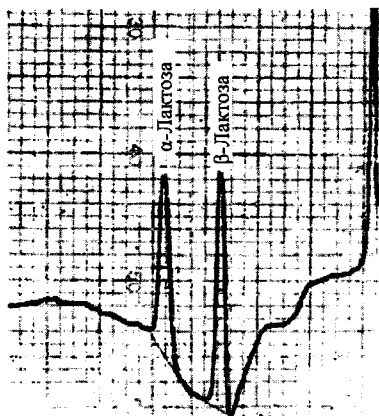


Рис. 16.39. Хроматограмма молочного полисахаридного концентрата: α-форма лактозы — 52 %, β-форма лактозы — 48 %

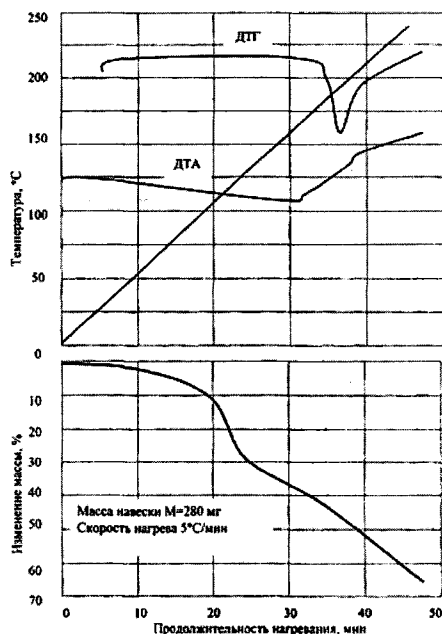


Рис. 16.40. Дериватограмма МПК

Жизненный цикл МПК как продукта и товара только начинается.

В соответствии с методологией маркетинга [103] в настоящее время можно говорить об освоении (внедрении) МПК в молочной промышленности. Потребительские свойства молочного полисахаридного концентрата обусловлены его высокой пищевой, биологической и лечебно-профилактической ценностью, а также потенциально высокими структурирующими и стабилизирующими функциональными свойствами, реализуемыми в конкретных пищевых продуктах. Уникальные свойства МПК обуславливают возможность его широкого применения. Основными потребителями МПК являются молочная, масложировая, кондитерская и хлебопекарная промышленность, по аналогии с зарубежными разработками [104]. В молочной промышленности МПК используется как структурообразователь и стабилизатор при производстве молочных напитков, консервов, мороженого. В масложировой — как эмульгатор. В кондитерской — как основа взбитых десертов и крема. В хлебопекарной промышленности МПК испытан в качестве основы для комплексных хлебопекарных улучшителей. МПК может быть использован при изготовлении мясных и комбинированных продуктов, при производстве ЗЦМ.

Высокая функциональная активность и биологическая ценность МПК обуславливает интерес к возможности использования их в составе комплексных поливитаминных препаратов, основы для сухих и жидких витаминизированных напитков и др. Изучена возможность использования МПК в составе лекарственных форм витаминных препаратов [105]. Получены грануляты и таблетки при использовании в качестве разбавителей сахаров, крахмала и производных целлюлозы. Установлена перспективная целесообразность создания профилактических витаминных препаратов на основе МПК.

Исследован процесс микрогранулирования с использованием МПК. При экспериментальных выработках микрокапсулированных продуктов с соотношением биополимеры:масло

3:5 и использовании в качестве БАВ β -каротин. Последний растворяли в кукурузном дезодорированном масле, смешивали с МПК и водой, проводили эмульгирование и гомогенизацию смеси. Затем смесь направляли на распылительную сушку. Полученный продукт содержит 20–25 % белка, 15–18 % жира, 45–60 % углеводов, имеет чистый молочный вкус и хорошо растворим в воде.

Требования потребителей к показателям МПК использовано как основной критерий при сегментации рынка пищевых концентратов. Схема сегментации рынка МПК приведена на рис. 16.41 [78].

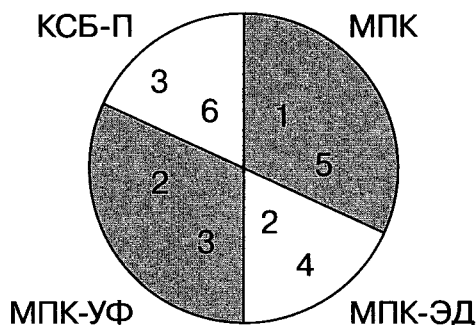


Рис. 16.41. Сегментация рынка молочного полисахаридного концентрата: 1 — молочная промышленность, 2 — кондитерская промышленность, 3 — масло-жировая промышленность, 4 — хлебопекарная промышленность, 5 — производство ЗЦМ, 6 — мясная промышленность

Для того чтобы продукт «МПК» стал товаром (рис. 16.45), необходимо реализовать формулу т.н. маркетинговой «луковицы»: товар = продукт + поддержка + комплекс элементов маркетинга. Установлено [106], что замена СОМ на МПК и его аналоги (КМС) позволяет увеличить объемы производства на 86 %, а прибыль до 90 %.

Результаты **экологического мониторинга** БМТ МПК представлены в табл. 16.35. Проведенный экологический мониторинг показал, что технологические процессы получения МПК, за исключением производства растворимых белково-полисахаридных комплексов, не требуют решения экологических вопросов.

Таблица 16.35. Экологический мониторинг технологических процессов производства молочного полисахаридного концентрата

Производство	Технологические операции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
МПК	1	1	1	—	—	–1	—	1
МПК-УФ	1	1	1	2	—	–1	—	1
МПК-ЭД	1	1	1	—	2	–1	—	1
КСБ-П	1	1	1	—	2	—	–2	1

Примечание: (–2) — вносятся; (–1) — не удаляются; 0 — нет данных; 1 — не вносятся; 2 — удаляются.

Номера операций: 1 — тепловая обработка, 2 — растворение, 3 — сепарирование,

4 — ультрафильтрация, 5 — электродиализ, 6 — сгущение, 7 — введение реагентов, 8 — сушка.

Социальная значимость технологии МПК, в том числе в условиях кризисных явлений, может быть сформулирована следующим образом. Обработка молока полисахаридами с фракционированием его на несколько компонентов (разборка), которые в процессе технологической обработки и смешивания в определенных пропорциях позволяют получить

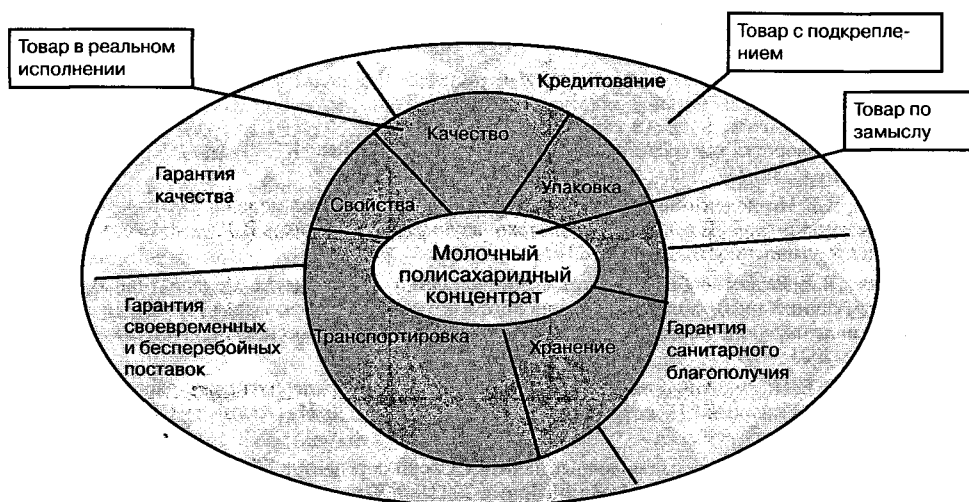


Рис. 16.42. Основные уровни товара «молочный полисахаридный концентрат»

широкий ассортимент молочных и комбинированных продуктов, обладающих высокими функциональными и медико-биологическими свойствами (сборка), реализуют переработку молока бренда «Био-Тон» по безотходной технологии (законченный технологический цикл). В новейшей разработке по данной проблематике сформулирована концепция «замкнутого цикла производства» [107].

На основании вышеизложенного можно уверенно утверждать, что МПК могут являться основой для создания разнообразных продуктов питания.

В целом, биомембранная технология на примере МПК с пектином, Na-КМЦ и другими полисахаридами, например, хитозаном, открывает совершенно уникальные возможности для использования обогащенной молочной сыворотки с раскрытием феномена «Спрятанного сокровища». Технологии видится глобальное будущее!

16. 5. Резюме по главе 16

Ассортимент продуктов из/на основе всех комплексов (компонентов) молочной сыворотки в натуральном, сгущенном или сухом видах огромен. Альтернативные варианты имеются для предприятий отрасли (производители) и потребителей на любой вкус — продукты питания, кормовые средства, мед-, ветпрепараты и технические полуфабрикаты. Особый интерес в настоящее время представляет производство сухой молочной сыворотки с решением экономических и технологических проблем в соответствии с научно-техническими разработками творческого коллектива проф. И. А. Евдокимова и рекомендациями АО «ВЗДУХОТОРГ», Словакия (П. Мертин, П. Кузнецов) [108]. Использованию получаемых продуктов посвящен четвертый раздел. При этом будет соблюден принцип феномена — молочная сыворотка в нативном и детерминированном состояниях для непосредственного потребления и длительного хранения с выборкой наиболее интересных направлений использования и их практических решений по обозначенной выше иерархии: пища, корм, медицина и ветеринария, техническое применение.

16.6. Литература к главе 16

1. Луфф, С. Сыворотка как средство укрепления иммунитета [Текст]/С. Луфф//Переработка молока, № 2, 2006. — С. 39–41.
2. Жидков, В. Е. Исследование и разработка технологии концентрата молочной сыворотки для безалкогольных напитков [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Жидков В. Е. — М.: Всесоюзный НИИ мясной промышленности, 1980. — 163 с.
3. Жидков, В. Е. Развитие биотехнологических аспектов производства альтернативных вариантов топизирующих напитков на основе молочного лактозосодержащего сырья [Текст]/дис... д-ра техн. наук (в виде научного доклада): 05.18.04/Жидков В. Е. — М.: Всероссийский НИИ мясной промышленности, 2001. — 50 с.
4. Жидков, В. Е. Научно-технические основы биотехнологии альтернативных вариантов напитков из молочной сыворотки [Текст]/В. Е. Жидков. — Ростов н/Д: Издательство СКНЦ ВШ, 2000. — 144 с.
5. Храмов, А. Г. Оригинальные молочные напитки. Сборник рецептур [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин, В. Е. Жидков и др. — М.: ДеЛи Принт, 2003. — 269 с.
6. Гаврилова, Н. Б. Ферментированная молочная сыворотка [Текст]/Н. Б. Гаврилова//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 30–32.
7. Гаврилова, Н. Б. Производство молочных продуктов по мембранным технологиям [Текст]/Н. Б. Гаврилова, М. А. Игнатъев, В. Д. Мирончиков//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 66–69.
8. *Trends in Utilization of Whey and Whey Derivatives/Bulletin of the International Dairy Federation.* — 1988. — N 233. — 118 p.
9. Храмов, А. Г. Биотехнология напитков из молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, В. Е. Жидков, Г. И. Холодов. — Ставрополь: СтГТУ, 1996. — 144 с.
10. Храмов, А. Г. Биотехнология алкоголесодержащих напитков из молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмов, С. В. Василисин, Г. И. Холодов и др. — Ставрополь: ИРО, 1999. — 96 с.
11. Свидетельство РФ об официальной регистрации для ЭВМ № 2006611407. Экспертная система для реализации безотходной технологии переработки молочной сыворотки/А. В. Жидков, В. Е. Жидков, Н. Г. Касьяненко. Приор. 16.02.2006, опубл. 25.04.2006.
12. Маклаков, С. В. *BPwin u ERwin* продуктов по мембранным технологиям. CASE-средства разработки информационных систем [Текст]/С. В. Маклаков. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999—256 с.
13. *CLIPS Reference Manual, Volume I, Basic programming guide.* — 2002.
14. Уотермен, Д. Руководство по экспертным системам [Текст]/Д. Уотермен//Пер. с англ. — М.: Мир, 1989.
15. *Turhill, G.S. Knowledge Engineering.* — TAB Books Inc, 1994.
16. Гаврилова, Т. А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем [Текст]/Т. А. Гаврилова, К. Р. Червинская. — М.: Радио и связь, 1992.
17. Батдыев, Ч. М. Разработка промышленной технологии освежающих напитков на основе айрана, минеральной воды и молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Батдыев Чингиз Муссалимович. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 134 с.
18. Храмов, А. Г. Напитки нового поколения из молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, М. А. Жилина, П. Г. Нестеренко и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 89.
19. Храмов, А. Г. Функциональные напитки из молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, О. А. Суянов и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 89.
20. Покровский, А. А. Справочник по диетологии [Текст]/А. А. Покровский, М. А. Самсонов//М.: Медицина, 1981. — 700 с.

21. Лисицын, А. Н. Биоккомбинация для «здоровых продуктов» [Текст]/А. Н. Лисицын, А. З. Ибрагимова//СФЕРА. — № 1 (15). — 2007. — С. 48–49.
22. Мельникова, Е. И. Исследование биотехнологического потенциала творожной сыворотки: модификация химического состава, прогнозирование качества и новые технологические решения [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Мельникова Елена Ивановна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2007. — 458 с.
23. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Гаврилов Гавриил Борисович. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 270 с.
24. Козлов, С. Г. Исследование и разработка технологий сывороточных телеобразных продуктов с использованием растительного сырья [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Козлов Сергей Геннадьевич. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 342 с.
25. Barth, R. *From the original idea of a product to the introduction into the market and finally to the creation of a real brand name [Text]/The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition//Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 147–156.*
26. Холодов, Г. И. Глубокая очистка молочной сыворотки с целью совершенствования технологии концентратов для напитков [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Холодов Геннадий Иванович. — М.: Всесоюзный НИИ мясной промышленности, 1986. — 147 с.
27. Козлова, О. В. Разработка технологии низколактозного напитка [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Козлова Оксана Васильевна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 101 с.
28. Сухих, С. А. Исследование и разработка технологии тонирующих напитков на основе молочного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Сухих Станислав Алексеевич. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 106 с.
29. Разумникова, И. С. Исследование и разработка технологии ферментированных молочных напитков с повышенным содержанием янтарной кислоты [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Разумникова Ирина Сергеевна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 114 с.
30. Нестеренко, П. Г. Научно-технические основы технологии сгущенных сывороточных концентратов [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Нестеренко П. Г. — Москва, 1994. — 229 с.
31. Храмцов, А. Г. Производство сгущенных концентратов молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко, Е. А. Чеботарев. — Ставрополь: Институт развития образования, 1998. 80 с.
32. Евдокимов, Н. С. Совершенствование технологии концентрата молочной сыворотки на основе использования методов инженерной реологии [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов Н. С. — Улан-Удэ, 2008. — 142 с.
33. Евдокимов, Н. С. Структурообразование концентрата молочной сыворотки [Текст]/Н. С. Евдокимов, Л. В. Петрова//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 50–51.
34. Лодыгин, Д. Н. Технология концентрированной молочной сыворотки с промежуточной влажностью [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Лодыгин Д. Н. — Ставрополь: Ставропольский государственный технический университет, 1998. — 131 с.
35. Еремина, М. В. Разработка технологии концентратов функционального назначения из молочного белково-углеводного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Еремина М. В. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2008. — 146 с.
36. Патент РФ № 2308198 МПК⁷ А 23 С 21/00. Способ производства концентрата молочной сыворотки/Л. В. Петрова, Н. С. Евдокимов. Заявл. 24.08.2005. Опубл. 20.10.2007. Бюл. № 29. — 5 с.
37. Храмцов, А. Г. Безотходная технология в молочной промышленности [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко. — М.: Агропромиздат, 1989. — 279 с.
38. Сизых, Е. И. Изучение структурно-механических свойств мясopодуков на универсальной испытательной машине «Инстрон». Методические указания [Текст]/Е. И. Сизых, Н. Н. Липатов, Е. И. Титов и др. — М.: МТИММП, 1985. — 16 с.

39. Чекулаева, Л. В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья [Текст]/Л. В. Чекулаева, К. К. Полянский, Л. В. Голубева. — М.: ДеЛи принт, 2002. — 249 с.
40. Пищевые продукты с промежуточной влажностью/Под ред. Р. Де-виса, Г. Берча, К. Паркера. — Пер. с англ. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 208 с.
41. А. с. 1542519 СССР Кл. А 23 С 21/00. Способ получения концентрата молочной сыворотки/А. Г. Храмцов, Д. Н. Лодыгин, С. М. Куннижев и др. — Оpubл. 15.02.90, БИ № 6.
42. Храмцов, А. Г. Полное и рациональное использование молочной сыворотки на принципах безотходной технологии [Текст]/А. Г. Храмцов, С. В. Василисин, А. И. Жаринов и др. — Ставрополь: ИРО, 1997. — 120 с.
43. Полянский, К. К. Определение активности воды в подсырной сывороточной пасте [Текст]/К. К. Полянский, С. М. Петров, Д. В. Ключникова и др.//Сыроделие и маслоделие. — 2002. — № 2. — С. 29–30.
44. Попова, И. Д. Способ производства концентрата молочной сыворотки [Текст]/И. Д. Попова, Т. А. Фиалкова, В. Ф. Суздальцев и др.//Молочная промышленность. — 2002. — № 1. — С. 34–36.
45. Кравченко, Э. Ф. Концентраты подсырной сыворотки в брикетах [Текст]/Э. Ф. Кравченко, Л. С. Мурашова//Сыроделие. — 2000. — № 3. — С. 39–40.
46. А. с. 1392104 СССР, МКИ С 13 К 5/00. Способ получения сиропа лакто-лактоулозы/С. В. Василисин, Р. Ф. Храмцова, В. В. Рохмистров и др. — Заявл. 04.06.85, опубл. 30.04.88, бюлл. № 16.
47. А. с. 737462 СССР, МКИ С 13 К 13/00. Способ получения сиропа лакто-лактоулозы/А. Г. Храмцов, Э. Ф. Кравченко, В. Я. Матвиевский. — Заявл. 23.03.77, опубл. 30.05.80, бюлл. № 20.
48. Заявка ФРГ № 2630157, МКИ Ф 23 С 23/00. Способ производства содержащего лактулозу порошка/Моринга Милк Инд., заявл. 5.07.76, опубл. 31.01.80. Приор. Японии 4.07.75 (81936) и 8.07.75 (83188).
49. Лодыгин, А. Д. Концентраты с пребиотическими свойствами на основе сыворотки [Текст]/А. Д. Лодыгин, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 69–70.
50. Панова, Н. М. Разработка биотехнологии бифидогенных кормовых добавок из молочного белково-углеводного сырья. [Текст]/дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Панова Н. М. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 125 с.
51. Патент РФ № 2098977, МКИ А 23 С 21/10. Способ производства сухой молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, А. Д. Лодыгин, С. А. Рябцева и др. — Заявл. 18.01.96, опубл. 20.12.97, бюл. № 35.
52. Храмцов, А. Г. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, П. Г. Нестеренко и др. Под ред. А. Г. Храмцова. — М.: ДеЛи принт, 2006. — 228 с.
53. Патент РФ № 2350090, МКИ А 23 С 21/10. Способ производства концентрата блочной молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, А. Д. Лодыгин, С. А. Рябцева и др. — Заявл. 18.01.96, опубл. 20.12.97, бюл. № 35.
54. Ключаков, В. А. Концепция организации маркетинга в пищевой промышленности [Текст]/В. А. Ключаков, В. Д. Гончаров. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1994. — 20 с.
55. Рябцева, С. А. Технология лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева. — М.: ДеЛи принт, 2003. — 232 с.
56. Mizota, T. Lactulose as a sugar with physiological significance [Text]/T. Mizota, Y. Tamura, M. Tomita//Bull. Int. Dairy Fed. 1987. — N 212. — P. 69–76.
57. Храмцов, А. Г. Лактулоза: цепность, использование, маркетинг и эффективность производства [Текст]/А. Г. Храмцов, Б. А. Брыкалов, А. В. Брыкалов и др. — Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2004. — 140 с.
58. Липатов, Н. Н. Вопросы экологизации пищевых производств [Текст]/Н. Н. Липатов, Л. Л. Лисенкова//Вестник РАСХН. — 1995. — № 3. — С. 22–23.
59. Химические свойства пищевых продуктов [Текст]/Справочник под ред. А. А. Покровского. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 228 с.

60. Храмцов, А. Г. Производство и использование концентратов молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, Д. Н. Лодыгин, И. А. Евдокимов и др.//Обзорная информация. Сер. Молочная промышленность. — М.: АгроНИТЭИММП, 1990. — 32 с.
61. Бурыкина, И. М. Система НАССР: анализ потенциальной опасности [Текст]/И. М. Бурыкина, Н. Д. Гомзикова, С. Ф. Бондаренко//Молочная промышленность. — 2003. — № 9. — С. 13.
62. Бурыкина, И. М. Анализ критических контрольных точек [Текст]/И. М. Бурыкина, М. В. Щемелева, Г. В. Хитрова//Молочная промышленность. — 2003. — № 10. — С. 13–15.
63. Системы анализа рисков и определения критических контрольных точек: НАССР/ХАССП. Государственные стандарты США и России. — М.: 2003., — 594 с.
64. Заец, Н. Е. Исследование процесса сушки подсырной сыворотки кондуктивным способом [Текст]/дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Заец Николай Ефремович. — Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1973.
65. Филатов, Ю. И. Сушка молочной сыворотки [Текст]/Ю. И. Филатов, П. В. Кузнецов, В. Т. Габриселова и др.//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 58–59.
66. Нестеренко, П. Г. Исследование процесса сушки отходов производства молочного сахара [Текст]/дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Нестеренко П. Г. — Л: Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, 1977.
67. Кузнецов, В. С. Исследование особенностей пенообразования и сушки молочной сыворотки во вспененном состоянии с целью разработки соответствующего оборудования [Текст]/дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Кузнецов В. С. — Москва: Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, 1979. — 142 с.
68. Мертин, П. Производство сухой сыворотки [Текст]/П. Мертин, В. Т. Габриселова, И. В. Тюрина, П. В. Кузнецов//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — С. 154–156.
69. Филатов Ю. И. Сушка молочной сыворотки Ю. И. Филатов, П. В. Кузнецов, В. Т. Габриселова и др. [Текст]/Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 58–61.
70. Храмцов, А. Г. Бифидогенный концентрат из молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, А. Д. Лодыгин, И. А. Евдокимов и др.//Молочная промышленность. — 1996. — № 8. — С. 16.
71. Лодыгин, А. Д. Концентраты с пребиотическими свойствами на основе молочной сыворотки [Текст]/А. Д. Лодыгин, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 69–70.
72. Храмцов, А. Г. Бифидогенный концентрат «Лактобел-ЭД» [Текст]/А. Г. Храмцов, В. А. Пономарев, А. Д. Лодыгин и др.//Молочная промышленность. — 2008. — № 12. — С. 67.
73. Храмцов, А. Г. Молочный белково-углеводный концентрат «Лакт-ОН» [Текст]/А. Г. Храмцов, А. Д. Лодыгин, А. Б. Кравец и др.//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 65.
74. Дыкало, Н. Я. Исследование процесса электродиализного обессоливания молочной сыворотки и разработка технологии получения сухой деминерализованной сыворотки [Текст]/дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Дыкало Н. Я. — Л: Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, 1979. — 114 с.
75. Евдокимов, И. А. Деминерализация подсырной соленой сыворотки методом электродиализа [Текст]/И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, Д. Н. Володин и др.//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 28–29.
76. Евдокимов, И. А. Электродиализ молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, А. В. Пермяков. — Георгиевск: ГТИ (филиал) СевКавГТУ, 2009. — 248 с.
77. Молочников, В. В. Переработка молочного сырья с применением полисахаридов по технологии «Био-Топ» [Текст]/В. В. Молочников, Т. А. Орлова, О. А. Суянов/Пищевая промышленность. — 1996. — № 5. — С. 34–35.
78. Храмцов А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дисс. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмцов А. А. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.

79. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Рябцева С. А. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 362 с.
80. Mizota, T. *Lactulose as a growth promoting factor for bifidobacterium and its physiological aspects* [Text]/T. Mizota//Bull. Int. Dairy Fed. — 1996. — N 313. — P. 43–48.
81. Рябцева, С. А. Технология лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева. — М.: ДеЛи принт, 2003. — 232 с.
82. Серов, А. В. Химия и физика лактозы и ее производных [Текст]/А. В. Серов. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. — 116 с.
83. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов и др. — С-Пб.: Профессия, 2007. — 768 с.
84. Храмов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. Учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко — М.: ДеЛи принт, 2004. — 587 с.
85. Лодыгин, А. Д. Применение нанотехнологий при производстве продуктов функционального питания [Текст]/А. Д. Лодыгин//Материалы международной научно-практической конференции «Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности». Под ред. И. А. Евдокимова. — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — С. 14–15.
86. Лодыгин, А. Д. Разработка безотходной технологии бифидогенного концентрата из молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Лодыгин Алексей Дмитриевич. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 1999–126 с.
87. Чернобаев, В. Н. Разработка ресурсосберегающей технологии бифидогенного концентрата из молочного белково-углеводного сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Чернобаев В. Н. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2002–141 с.
88. Храмов, А. Г. Бифидогенный молочно-растительный концентрат «БУК-СОМ» [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, Д. Н. Лодыгин и др.//Переработка молока. — 2004. — № 5. — С. 6.
89. Храмов, А. Г. Бифидогенный препарат «ЛАКТОБЕЛ» [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др.//Молочная промышленность. — 2003. — № 9. — С. 39.
90. Лодыгин, А. Д. Получение пребиотиков из молочной сыворотки [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов и др.//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — С. 68–69.
91. Лодыгин, А. Д. Нанотехнологии трансформации лактозы в кластеры бифидогенных концентратов [Текст]/А. Д. Лодыгин, Н. С. Донской, А. Б. Родная, А. Г. Варданян//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 57–58.
92. Лодыгин, А. Д. Практические аспекты реализации концепции получения пребиотических концентратов с регулируемым углеводным, минеральным и аминокислотным составом [Текст]/А. Д. Лодыгин//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2010». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2010.
93. Пономарев, В. А. Исследование влияния уровня деминерализации подсырной сыворотки на процесс изомеризации лактозы в лактулозу [Текст]/В. А. Пономарев, К. Х. Манапов, А. Д. Лодыгин//Вестник СевКавГТУ. — 2009. — № 3. — С. 60–62.
94. Постников, С. И. Изучение состава и функционально-технологических свойств молочного белково-углеводного препарата «ЛАКТ-ОН» [Текст]/С. И. Постников, А. Д. Лодыгин, И. В. Рыжикова и др.//Вестник СевКавГТУ. — 2009. — № 1. — С. 71–73.
95. Куликов, Ю. И. Использование лактозы и лактозосодержащего сырья при производстве мясных изделий [Текст]/Ю. И. Куликов, С. И. Постников//Сб. науч. трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие». — 2006. — № 2. — С. 94–99.
96. Брусиловский, Л. П. Научно-практические основы создания автоматизированных биотехнологических процессов цельномолочного производства [Текст]/Дис... д-ра техн. наук (в виде научного доклада). — М. — 1998. — 54 с.
97. Панфилов, В. А. Системный подход к проблеме развития машинных технологий в перерабатывающих отраслях [Текст]/В. А. Панфилов//Известия вузов. Пищевая технология. — 1995. — № 1–2. — С. 98–100.

98. Папфилов, В. А. Технологические линии пищевых производств. Учебник [Текст]/В. А. Папфилов — М.: Колос, 1993. — 285 с.
99. Цирлин, А. М. Определение оптимальной производительности технологического оборудования при переработке однородной партии скоропортящегося сырья [Текст]/А. М. Цирлин, С. А. Амселькин//Известия вузов. Пищевая технология. — 1997. — № 4–5. — С. 60–62.
100. Кутепов, А. И. Общая химическая технология [Текст]/А. И. Кутепов, Т. И. Бондарева, Беренгартен. — М.: Высшая школа, 1990. — 520 с.
101. Космодемьянский, Ю. В. Основы теории и разработка интенсивных процессов сушки биологических продуктов [Текст]/Ю. В. Космодемьянский//Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. — М.: МТИМ-МП, 1980. — 33 с.
102. Липатов Н. Н., Харитонов В. Д. Сухое молоко. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
103. Котлер, Ф. Основы маркетинга [Текст]/Ф. Котлер — М.: Прогресс. — 1990. — 736 с.
104. Mann, E.J. Utilization of dairy product ingredients in bakery products [Text]//Dairy Ind. International. — 54. — 1989. — N 3. — P. 9–10.
105. Печерский, Л. Н. Показатели иммунного статуса лабораторных животных, получавших концентрат натурального казеина (КНК) и концентрат структурирующий пищевой (КСП) [Текст]/Л. Н. Печерский, Ю. Г. Новожилова, Г. А. Бабасинов, Л. Б. Иванов//Сб. научных трудов ВНИИКИМ. — Ставрополь: ВНИИКИМ, 1988. — С. 77–79.
106. Акинин, П. В. Выгоды безотходной технологии [Текст]/П. В. Акинин. — Ставрополь: Кн. изд- во. — 1990. — 144 с.
107. Молочников, В. В. Фракционирование молочного сырья с помощью полисахаридов [Текст]/В. В. Молочников, А. А. Храмцов, Т. А. Орлова и др.//Молочная промышленность. — № 12, 2008. — С. 47–49.
108. Евдокимов, И. А. Современные экономические и технологические проблемы производства сухой молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, А. С. Бессонов, Д. Н. Володин и др. Молочная река, № 2–3 (34–35), 2009. — С. 54–56.

Глава 17

Продукты на основе компонентов молочной сыворожки

17.1. Общие положения

Получение продуктов из основных компонентов молочной сыворожки логистически оправданно, исторически сложилось и в настоящее время реализовано путем сепарирования «жирной» молочной сыворожки, в основном подсырной, с неизбежным и попутным извлечением казеиновой пыли; получением сыворожочных белков в виде альбуминного молока при т. н. «отваривании» (главным образом в производстве молочного сахара), белковой массы и УФ-концентратов; производства молочного сахара (целая отрасль). Все процессы достаточно хорошо изучены (см. раздел II), отработаны на практике и, естественно, постоянно совершенствуются. Другие компоненты — вода, минеральные соли, БАВ (витамины, ферменты, аминокислоты, жирные кислоты и др. минорные соединения), а также газы пока остаются в «портфеле» исследователей и практике энтузиастов. Имеются научно-технические прорывы, связанные в основном с возможностями мембранных, электромембранных и биомембранных технологий. Ждет своей очереди реализация принципов нанотехнологий (разборка и сборка). Ниже в кратком виде, с учетом опубликованного информационного файла, сделана попытка систематизации современных представлений селективного извлечения отдельных компонентов из БТС — молочная сыворожка в виде промышленных продуктов.

17.2. Продукты на основе казеиновой пыли и молочного жира

Системные исследования Е.А. Чеботарева [1] позволяют предложить альтернативные варианты извлечения казеиновой пыли и молочного жира центробежным способом на специальных саморазгружающихся сепараторах отечественного или зарубежного производства. Отстой возможен только для части казеиновой пыли. Паллиативы технических решений, появившиеся в последнее время [2, 3], не решают проблемы. Специальные сепараторы исключают периодическую остановку для удаления т.н. «белкового ремня», обеспечивают получение, кроме подсырных сливок, белковой массы (казеин), позволяют автоматизировать процесс на принципах «безлюдной технологии». Оптимальные аппаратурно-процессовые решения приведены в главе 6.

По мнению Е.А. Чеботарева [1], в практическом плане существует вопрос: какую сыворотку следует считать жирной? Тенденции последних лет по выработке маложирных сыров, творога и белково-жировых продуктов (сырных и творожных) с пониженным содержанием жира непосредственно влияют на снижение жирности сыворотки. Если исходить из того, что при сепарировании нужно получать сливки жирностью не ниже 20 % (меньшее содержание жира не позволит использовать их, например, в маслоделии), то удельное количество подсырных сливок можно получить по формуле (без учета потерь):

$$M_{\text{сл}} = 50,2 J_{\text{сыв}} - 4,02, \quad (17.1)$$

где $M_{\text{сл}}$ — количество сливок, получаемых при сепарировании 1 т сыворотки, кг;

$J_{\text{сыв}}$ — массовая доля жира в сыворотке, %.

Таким образом, при жирности сыворотки 0,5 % соотношение исходного продукта и сливок составляет около 50 : 1, а при жирности 0,2 % уже более чем 160 : 1. Учитывая это, практически считается целесообразным обезжиривать молочную сыворотку при ее жирности не менее 0,2 %. Если молочная сыворотка признана нежирной, то последующее выделение из нее дисперсных фаз может идти по двум направлениям: центробежное выделение казеиновых частиц или, при необходимости осветления, коагуляция сывороточных белков и совместное центробежное выделение скоагулированных частиц и казеиновой пыли. Существующие процессы и технологические схемы сепарирования молочной сыворотки предусматривают обезжиривание натуральной молочной сыворотки с выделением оставшихся частиц казеина.

Наличие в молочной сыворотке частиц казеина и шариков молочного жира создает специфическую особенность процесса сепарирования этого продукта — одновременное выделение двух дисперсных фаз (легкой и тяжелой), отличающихся своими свойствами, но имеющих сравнительно равную концентрацию в дисперсионной среде. Молочный жир отделяется от сыворотки в виде сливок, казеиновые частицы образуют в периферийной части барабана сепаратора довольно плотный осадок. Процесс выделения молочного жира и частиц казеина из молочной сыворотки в первую очередь рассматривается как процесс обезжиривания этого продукта. Однако в последнее время все больше внимания стало уделяться сбору казеинового осадка для последующего его использования.

Спецификой процесса сепарирования (обезжиривания) молочной сыворотки является также то, что, во-первых, осуществляется центробежное разделение малоконцентрированной гетерогенной системы; во-вторых, идет взаимодействие дисперсных фаз, влияющее на результат процесса, а также сравнительно быстрое накопление осадка в шламовом пространстве.

Основным технологическим фактором, влияющим на процесс обезжиривания жидких неоднородных систем, в том числе и сыворотки, принято считать температуру исходного

продукта. Температура свежей сыворотки обычно находится в интервале 40–45 °С, но может быть и ниже при охлаждении до или в процессе резервирования или выше в случае применения подогрева перед сепарированием.

Другим физико-химическим фактором, влияющим на результат обезжиривания, является жирность исходного продукта, которая может отличаться в 2–3 и более раз. Жирность исходной сыворотки может колебаться в достаточно большом диапазоне 0,2–0,8%, что заметно превышает колебания в жирности молока.

К факторам, влияющим на процесс обезжиривания, относится содержание воздуха в исходном продукте [4]. Как правило, содержание воздуха в молочной сыворотке бывает 0,1–0,3%, однако может иметь и большую величину. Поступление избыточного воздуха в сепаратор незамедлительно скажется на процессе центробежного разделения. Если содержание воздуха в молочной сыворотке перед сепарированием превышает 0,5%, эффективность обезжиривания сыворотки значительно ухудшается [5].

Молочную сыворотку целесообразно обезжиривать сразу же после получения, что подтверждается как отечественной [6], так и зарубежной практикой [7]. Н. Н. Липатов указывает [4], что при хорошо организованном процессе в просепарированной сыворотке содержится не более 0,05% жира (а, по мнению других авторов, например [8], около 0,03%). При таком обезжиривании сыворотки из 2000 л ее получают не менее 14–15 кг сливок, содержащих 30% жира.

Для отделения казеиновой пыли от сыворотки могут использоваться различные аппараты, включая гидроциклоны [9] и даже так называемые виброситовые машины [10].

Фирма «Вестфалия» [5] считает типовой линией по обезжириванию сыворотки, рассмотренную ранее в главе 6 (см. рис. 6.6). Предлагаемое решение с двумя сепараторами — осветлитель для выделения казеиновой пыли и разделитель для получения подсырных сливок достаточно громоздко, хотя и эффективно. Современная технологическая линия первичной обработки молочной сыворотки с комбинированным сепаратором «осветлитель — разделитель» показана на рис. 17.1.

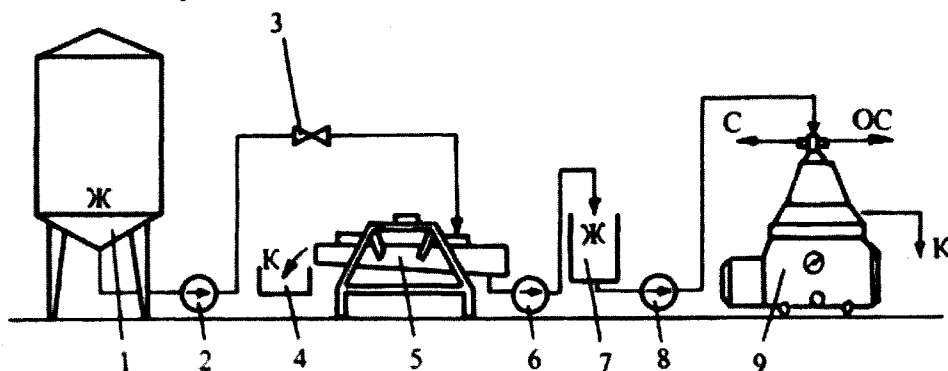


Рис. 17. 1. Современная линия сепарирования молочной сыворотки: 1 — емкость; 2, 6, 8 — насосы; 3 — кран; 4 — емкость для сбора осадка; 5 — вибросито; 7 — промежуточный бачок; 9 — саморазгружающийся сепаратор; Ж — жирная сыворотка; К — казеиновый концентрат (осадок); С — сливки из сыворотки; ОС — обезжиренная сыворотка

Согласно данной схеме, собранная от производства сыра или творога сыворотка из емкости 1 насосом 2 подается на барабанное или вибрационное сито 5, где происходит отделение наиболее крупных частиц казеиновой пыли. После этого молочная сыворотка при помощи насосов 6 и 8 поступает в сепаратор-сливкоотделитель 9 для обезжиривания. Вывод жидких

фракций из сепаратора при помощи напорных дисков, выгрузка осадков — центробежная, пульсирующая. Подача сыворотки на вибросито регулируется краном 3, сбор казеинового осадка осуществляется в емкость 4.

Использование фильтрации (ситования) позволяет отделить лишь 30–60% казеиновой пыли в зависимости от производительности устройства, исходного содержания выделяемых частиц и их дисперсности. Остается еще достаточно большое количество частиц казеина, оказывающих влияние на последующий процесс сепарирования. Кроме того, при использовании сита сыворотка насыщается воздухом, что также отрицательно влияет на эффективность сепарирования. Поэтому на практике эту операцию и аппарат (5), как правило, исключают. При этом казеиновая пыль накапливается в шламовом пространстве сепаратора-сливкоотделителя. В связи с этим рекомендуется центробежную выгрузку осадка осуществлять через каждые 15 минут, чередуя частичную и полную разгрузку барабана. При повышенном содержании казеиновых частиц чаще используется полная выгрузка осадка. Использование полной выгрузки осадка в процессе сепарирования должно учитываться в системе автоматического управления сепаратора. Естественно, данная линия комплектуется пастеризационно-охладительными установками для обработки подсырных сливок и обезжиренной молочной сыворотки.

Традиционными продуктами сепарирования молочной сыворотки следует считать подсырные сливки или, в соответствии с современной терминологией — сливки из сыворотки, казеиновый осадок и обезжиренную сыворотку [11]. Показатели сливок из сыворотки, обезжиренной сыворотки и белковой массы регламентированы. Состав и свойства указанных продуктов сепарирования приведены в табл. 17.1 [1].

Сливки из молочной сыворотки отличаются от сливок из молока [12] более высокой степенью дисперсности жировой эмульсии [13]. Средний диаметр жировых шариков в них составляет 3,10 мкм, тогда как обычных (контроль) 3,42 мкм. На долю жировых шариков размером менее 2 мкм приходится 65,8%, что почти на четверть больше, чем в обычных сливках. Однако в жировых шариках этого размера находится всего около 13,5% жира от общего его количества, тогда как остальной объем жира сосредоточен в достаточно небольшом количестве более крупных частиц.

Таблица 17.1. Состав и свойства продуктов сепарирования (в скобках указаны требования соответствующих стандартов)

Показатели	Значение для продуктов				
	Сливки из сыворотки	Обезжиренная сыворотка	Казеиновый осадок	Осветленная сыворотка	Белковая масса (для информации)
Массовая доля, %: сухих веществ, в том числе: жира	3,7–6,0* 25–40 (не менее 35)	5,4–6,8 (не менее 5,0) 0,05–0,15 (не более 0,1)	14–30 2–10	5,3–6,7 0,03–0,08	18,4–26,5 (не менее 20,0) 0,2–0,3
белков	0,7–1,0	0,8–1,1	10–15	0,3–0,4	14–20,6
лактозы	2,7–3,6	3,5–4,9 (не менее 4,0** и 3,5***)	0,5–2,5	4,5–5,5	3,5–4,5
минеральных веществ	0,3–0,36	0,52–0,6	1,5–2,5	0,5–0,6	0,7–1,3
Кислотность, °Т, при сепарировании сыворотки:					
подсырной	14–22 (не более 15)	15–25 (не более 20)	100–150	30–35	80–95 (не более 95)
творожной	45–65 (не более 58)	50–85 (не более 75)	180–240	55–100	90–120
Плотность при 20 °С, кг/м³	992–1010	1023–1027	1140–1150	1020–1025	1030–1050

* Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО)

** Для подсырной сыворотки

*** Для творожной сыворотки

В сливках из молочной сыворотки содержится на 12,2% больше, чем в обычных сливках, свободного жира, который способствует агрегированию жировых шариков в процессе их созревания. Жир таких сливок содержит больше низкомолекулярных кислот, у него выше число омыления, Рейхерта-Мейссля и рефракции, тогда как число Поленске ниже. В связи с этим возрастает биологическая ценность жира, хотя снижается его стойкость при хранении [14, 15].

Сухих веществ в подсырных сливках на 3–4% меньше, чем в сливках из молока. В них практически отсутствует казеин. Термолабильные сывороточные белки предопределяют меньшую термостабильность подсырных сливок. Хранить эти сливки можно в течение двух суток при температуре 5–10 °С без существенных изменений [16, 17]. Сливки, полученные при сепарировании творожной сыворотки, несколько отличны от сливок, полученных при сепарировании подсырной.

Подсырные сливки используются, главным образом, в двух направлениях: в сыроделии [18] и маслоделии [12]. Процессы отработаны и реализованы на практике.

Казеиновые частицы образуют в барабане сепаратора с ручной периодической выгрузкой осадка плотный кольцевой осадок влажностью 45–50%. Из сепаратора казеиновый осадок выбрасывается в виде текучей массы влажностью не выше 85%. При последующем хранении такого продукта частицы оседают, и в верхней части образуется некоторое количество обезжиренной сыворотки, т.е. идет процесс отстаивания. Рекомендуемое направление использования казеинового осадка из подсырной сыворотки — в производстве плавленых сыров. Исследование возможности получения из казеиновой пыли твердых сыров [19] показало, что выработанные из частиц казеина сыры по своим показателям соответствуют стандартным. Можно изготавливать из сырной пыли так называемые сборные головки, которые затем использовать на промышленную переработку [20], например, при производстве плавленых сыров. Не исключается и использование этого продукта на кормовые цели [21]. На практике, к сожалению, казеиновый осадок используется достаточно редко.

Оригинальную продукцию из казеиновой пыли в виде сырой «косички» получил К. В. Обедков [2] (рис. 17.2).



Рис. 17. 2. Внешний вид сырной «косички»

С целью совершенствования технологии выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки и ее концентратов Е. А. Чеботаревым [1] реализованы следующие инновации: — выделение всех дисперсных фаз (жира, частиц казеина и скоагулированных сывороточных белков);

- выделение двух дисперсных фаз в сочетаниях: жир и частицы казеина; жир и скоагулированные сывороточные белки; казеиновые частицы и скоагулированные сывороточные белки;
- выделение одной дисперсной фазы (частицы казеина или скоагулированные сывороточные белки).

Эти направления, в свою очередь, могут быть использованы при переработке любой молочной сыворотки, в т.ч. нежирной (полученной от производства обезжиренных белковых продуктов) в соответствии со схемой, представленной на рис. 17.3 [1].

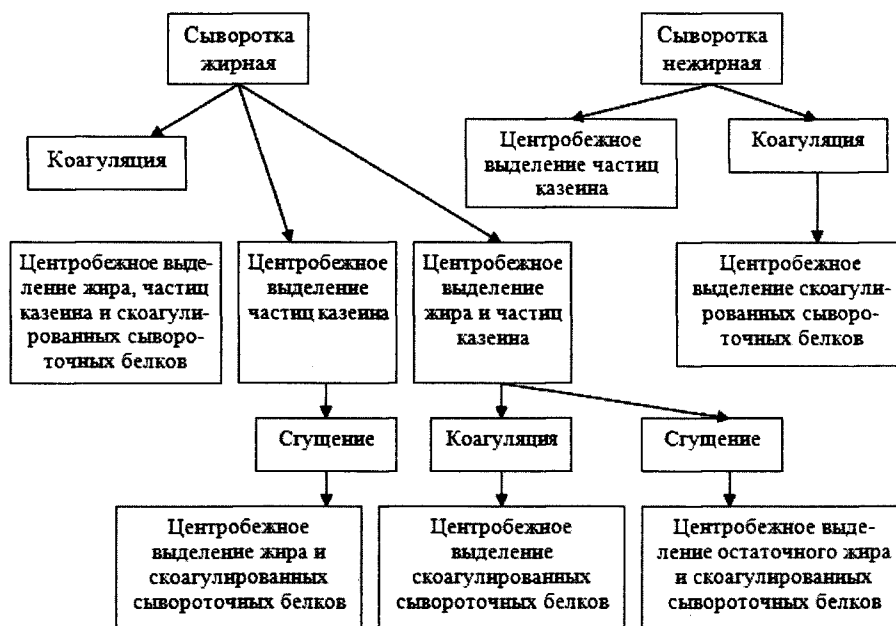


Рис. 17.3. Принципиальная схема технологии выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки и ее концентратов

Как показывает опыт эксплуатации сепараторов марки ОХ2-С [22], фактическая производительность этого сепаратора должна устанавливаться около 9000 л/ч, хотя паспортная производительность составляет 10 000 л/ч. Это позволяет обеспечивать выполнение предусмотренных технической характеристикой параметров выделения дисперсных фаз. Эффективность работы сепаратора ОХ2-С можно повысить за счет полного сбора и последующего использования казеинового осадка. Однако существующей конструкцией гидросистемы рассматриваемого сепаратора предусмотрено использование для смыва выгружаемого осадка водопроводной воды. Чтобы обеспечить подачу обезжиренной сыворотки на смыв казеинового осадка, было рекомендовано внести изменения в гидросистему сепаратора. Причем это изменение можно внести и в гидросистему как уже эксплуатируемых, так и вновь выпускаемых сепараторов.

При использовании для сепарирования молочной сыворотки саморазгружающихся сепараторов-сливкоотделителей для молока необходимо учитывать, что в молочной промышленности для обезжиривания молока используют главным образом отечественные саморазгружающиеся сепараторы-сливкоотделители ОС2 Н-С (ОС3 Н-С), производительностью

10 000 л/ч, ОСЦП-5 и ОЦР-5, производительностью 5000 л/ч, ОСЦП-3, производительностью 3000 л/ч. Эти же сепараторы могут использоваться для сепарирования молочной сыворотки. С учетом свойств разделяемой системы и наличия частиц казеина производительность сепаратора, в этом случае, должна быть снижена на 15–20 %. Это обусловлено предотвращением забивания межтарелочных зазоров осадком. Время между разгрузками должно быть установлено в соответствии с рекомендациями табл. 17.2 [1].

Таблица 17.2. Рекомендуемое время между разгрузками сепараторов-сливкоотделителей

Содержание частиц казеина в сыворотке	Рекомендуемое время между разгрузками, мин, при использовании сепаратора марки			
	ОС2 Н-С	ОСЦП-5	ОЦР	ОСЦП-3
Малое, не более 0,3 %	72–20	56–18	50–12	42–10
Среднее, 0,3–0,6 %	12–7	11–6	8–5	7–6
Высокое, до 1 %	6–4	5–5	4–3	4–3

Использование для обезжиривания молочной сыворотки сепараторов-сливкоотделителей с ручной периодической выгрузкой осадка не целесообразно. Во-первых, из-за быстрого заполнения шламового пространства барабана осадком, время непрерывной работы весьма непродолжительно и обычно не превышает 0,5 ч. Во-вторых, использование казеинового осадка, в этом случае, весьма проблематично. Тем не менее, необходимость использования таких сепараторов может возникнуть. В этом случае предлагается использовать предварительное выделение из жирной сыворотки белковых частиц в саморазгружающихся сепараторах-молокоочистителях. Время между разгрузками сепаратора-осветлителя, в этом случае, должно быть установлено в соответствии с рекомендациями табл. 17.3 [1].

Таблица 17.3. Рекомендуемое время между разгрузками сепараторов-молокоочистителей

Марка сепаратора	Производительность, м ³ /ч	Время между разгрузками, мин, при содержании частиц казеина, %			
		0,5	0,4	0,3	0,2
ОЦМ-5	5	5	6	8	14
ОЦМ-10	10	3	3	4	7
ОМЕ-С	15	17	22	30	51
ОЦМ-15	15	5	7	10	16
ОТС*	5	42	55	77	128

* Сепаратор-осветлитель для молочной сыворотки с двухэтапной центробежной периодической выгрузкой осадка.

Возможен вариант, по которому молочную сыворотку сначала очищают от белковых частиц в саморазгружающемся сепараторе-молокоочистителе, а затем обезжиривают в сепараторе сливкоотделителе для молока. Однако это требует специфического подхода (ноу-хау). Это же положение распространяется на сепарирование концентрированной молочной сыворотки.

В результате реализации предложенных [1] новаций получают новые продукты сепарирования молочной сыворотки и ее концентратов. К новым (в отличие от традиционных) продуктам сепарирования молочной сыворотки и ее концентратов можно отнести:

- сливки из натуральной (неконцентрированной) молочной сыворотки при совместном выделении всех дисперсных фаз;
- белковый (казеиново-альбуминный) концентрат, получаемый при совместном выделении казеиновых частиц и скоагулированных сывороточных белков;

- сливки, получаемые при сепарировании сгущенной молочной сыворотки;
- белково-углеводный концентрат, получаемый за счет выделения скоагулированных белковых частиц из сгущенной молочной сыворотки.

Состав и свойства (титруемая кислотность) жировых продуктов (сливок) приведен в табл. 17.4 [1].

Таблица 17.4. Состав и свойства сливок из подсырной сыворотки и ее концентратов

Показатель	Из неконцентрированной		Из сыворотки, концентрированной до массовой доли СВ, %		
	неосветленной	осветленной**	13	20	30
Массовая доля, %:					
жира*	20	20	20	20	20
СОМО	4,52	4,09	9,81	13,92	20,29
в том числе:					
белка	0,94	0,16	1,41	1,22	0,93
лактозы	3,31	3,60	7,56	11,43	17,42
минеральных веществ	0,27	0,33	0,84	1,27	1,94
Кислотность, °Т	17	16	27	43	66

* Состав всех продуктов пересчитан на сливки жирностью 20%.

** Осветление проводили с использованием теплового метода.

Коагуляция белков неконцентрированной молочной сыворотки приводит к тому, что получаемые сливки отличаются составом плазмы, в которой содержится меньше, чем в обычных сливках из сыворотки, белков, но несколько больше лактозы и минеральных веществ. Хотя этот рост незначителен, поскольку для получения белковых хлопьев использовалась тепловая коагуляция, т. е. безреагентная. При использовании реагентов для коагуляции сывороточных белков рост минеральных веществ в сливках будет заметнее.

Концентрирование наращивает содержание сухих веществ в плазме сливок. Причем можно вполне определенно утверждать, что рост содержания лактозы и минеральных веществ пропорционален степени сгущения. Количество же белков в сливках зависит от степени их коагуляции в процессе сгущения, поскольку при сепарировании они отделяются практически полностью.

Кислотность сливок из осветленной сыворотки ниже из-за удаления основной части сывороточных белков, а также лучшей сохранности этого продукта за счет термообработки. Сливки из концентратов подсырной сыворотки имеют кислотность пропорциональную степени их сгущения. Их можно использовать в маслоделии, особенно в варианте сбивания из них масла после замены плазмы. Белковый казеиново-альбуминный концентрат, полученный при совместном выделении частиц казеина и скоагулированных сывороточных белков, можно рассматривать как смесь казеинового осадка и белковой массы с приблизительно равным соотношением компонентов (от 0,5 : 1 до 1 : 1). Использование такой смеси аналогично использованию ее отдельных составляющих.

В целом современные решения позволяют реализовать систему направленного и управляемого выделения из молочной сыворотки (нативной и концентрированной) трех компонентов: казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков (в денатурированном состоянии). Их рациональное использование решает проблемы маркетинга, мерчандайдинга (продаж) и экологии.

17.3. Продукты на основе белковых веществ молочной сыворотки

Необходимость выделения сывороточных белков из сепарированной молочной сыворотки (технологически — осветления) может быть обусловлено направлениями ее переработки, например, при производстве молочного сахара или непосредственно для получения белкового концентрата (белковой массы) из сыворотки. В случае необходимости осветления последующие действия направлены на создание дисперсной системы «хлопья скоагулированного белка — плазма». При использовании молекулярно-ситового разделения создаются условия для задержки нативных сывороточных белков на мембране в комплексе, либо направленная селекция фракций. В целом проблема рассмотрена в монографии «Концентраты белков молока: выделение и применение» [23].

Некоторое отличие в осуществлении коагуляции сывороточных белков обусловлено тем, что из традиционных методов для творожной сыворотки наиболее целесообразно использовать тепловой (безреагентный) метод, а для подсырной — наиболее апробированные кислотный или кислотно-щелочной.

Разработанная профессорами С. В. Василисным и Е. А. Чеботаревым [24] методика оценки эффективности методов коагуляции включает, наряду со степенью коагуляции белков («А»), такие показатели:

- возможность создания устойчивой дисперсной системы (суспензии «белок–плазма») в сыворотке («Б»);
- степень дисперсности образовавшейся системы («В»);
- физико-химические («Г») свойства получаемого белкового концентрата;
- органолептические (потребительские) («Д») свойства получаемого белкового концентрата;
- остаточное количество коагулянта в осветленной сыворотке («Е»);
- органолептические свойства осветленной сыворотки («Ж»).

В табл. 17.5 приведены результаты экспертной оценки методов коагуляции сывороточных белков по приведенным показателям.

Таблица 17.5. Экспертная оценка методов коагуляции

Метод коагуляции	Оценка по показателю						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Тепловой	++	++	++	+++	+++	+++	+++
Кислотный	++	+++	++	++	++	++	++
Щелочной	++	+++	++	++	+	++	+
Кислотно-щелочной	+++	+++	+++	++	+	+	+
Хлоркальциевый	+++	+++	++	++	+	++	+
Добавлением танина	+++	++	++	++	+	+++	++
Добавлением феракрила	++	++	++	++	+	+	+
Добавлением перманганата калия	+++	+++	++	+	+	+	+
Добавлением хитозана	+++	++	++	+++	++	++	++
Сгущением	++	++	+	+++	+++	+++	+++

Примечание: +++ обеспечивает хороший (качественный) результат;
 ++ результат удовлетворительный;
 + результат обеспечивается плохо (некачественно).

Приведенные в табл. 17.5 данные позволяют сделать следующие выводы:

- ни один из применяемых способов не обеспечивает хороший (качественный результат) по всем анализируемым показателям;
- как правило, хороший результат коагуляции (показатель А), создание устойчивой суспензии (показатель Б) и даже необходимой для последующего разделения суспензии дисперсности (показатель В) сказывается на снижении результата остальных показателей;
- с точки зрения рационального использования сывороточных белков предпочтение необходимо отдавать методам, обеспечивающим хорошее качество получаемых продуктов (показатели от Г до Ж), при необходимости проводить повторную коагуляцию методами, обеспечивающими более полную степень этого процесса;
- в определенной степени перспективным можно считать метод коагуляции с добавлением хитозана и при более детальной проработке этого метода он может стать наиболее эффективным по всем показателям среди анализируемых методов.

После коагуляции белков образовавшаяся система «хлопья белков — плазма» достаточно неустойчива к механическому воздействию. В результате экспериментов установлено, что творожная сыворотка со взвешенными белками не должна перед сепарированием подвергаться более, чем однократному воздействию насосов.

Центробежное выделение хлопьев скоагулированных белков должно осуществляться с использованием специального саморазгружающего сепаратора с периодической двухэтапной выгрузкой осадка [25, 26] с модернизацией с целью предотвращения «зависания» осадка [27]. Все эти варианты прошли не только экспериментальную, но и производственную проверку, поэтому могут быть масштабированы.

Эффективность выделения компонентов из молочной сыворотки, за счет использования двухсекционных сепараторов, определялась путем расчета количеств получаемых сливок на 1 т исходного сырья (сыворотки, концентратов). В табл. 17.6 приведены расчетные данные, характеризующие эффективность отдельных процессов центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки и ее концентратов. Жирность подсырных сливок принималась равной 20 %, влажность белкового осадка — 80 %.

Таблица 17.6. Характеристика эффективности процессов сепарирования молочной сыворотки и ее концентратов

Процесс выделения	Содержание в %, и степень выделения			Количество концентратов, получаемых из 1 т исходного продукта, кг		Коэффициент эффективности
	Жиры	Казеиновых частиц	Сывороточных белков	Сливки	Осадок	
Жиры и казеиновых частиц из натуральной сыворотки	0,45/0,90	0,4/0,95	1,0/0	15,1	15,2	0,24
Жиры, казеиновых частиц и скоагулированных сывороточных белков из натуральной сыворотки	0,45/0,90	0,4/0,95	1,0/0,7	15,1	43,2	0,73
Жиры и скоагулированных сывороточных белков из концентрированной до массовой доли сухих веществ 13 % сыворотки	0,93/0,93	–	2,1/0,2	30,8	16,8	0,18
Жиры и скоагулированных сывороточных белков из концентрированной до массовой доли сухих веществ 20 % сыворотки	1,43/0,93	–	3,2/0,4	46,5	51,2	0,36
Жиры и скоагулированных сывороточных белков из концентрированной до массовой доли сухих веществ 30 % сыворотки	2,14/0,93	–	4,8/0,6	70,3	115,2	0,56

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективным процессом следует считать совместное выделение молочного жира, частиц казеина и скоагулированных сывороточных белков.

С точки зрения охраны окружающей среды сепарирование молочной сыворотки и ее концентратов как минимум решает одну экологическую проблему — повышает степень использования этого белково-углеводного сырья, снижая, тем самым риск загрязнения сточных вод молочных предприятий. Только выделение из натуральной молочной сыворотки жира и белковых веществ снижает показатели ХПК и БПК₅ приблизительно на 10 %.

Следует подчеркнуть, что на основе комплекса белков молочной сыворотки, разработано целое семейство продуктов, в том числе лечебно-профилактического назначения, например, для профилактики остеопороза [28, 29, 30, 31].

17.4. Продукты на основе казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков

Исследованиями Е. А. Чеботарева [1] установлено, что наиболее эффективным является процесс выделения казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков в комплексе. Этот процесс реализован применительно к продукту, который получил название (бренд) «ЛипКА» (липиды + казеин + альбумин).

Липидно-казеиново-альбуминный концентрат «ЛипКА» вырабатывается в жидком виде («ЛипКА-Ж») — альбуминное молоко или белковой массы («ЛипКА-Б»), а так же сухого концентрата («ЛипКА-С») и предназначен в качестве компонента-обогапителя при производстве пищевых продуктов. Липидно-казеино-альбуминовый концентрат «ЛипКА» вырабатывается из смеси натуральной молочной сыворотки и обезжиренного молока, сквашенного ацидофильной или болгарской палочкой, путем совместной коагуляции сывороточных белков и казеина (ноу-хау).

Органолептическая характеристика, физико-химические и микробиологические показатели продукта приведены в табл. 17.7.

Таблица 17.7. Характеристика концентрата «ЛипКА»

Наименование показателей	Характеристика и нормы	
	«ЛипКА-Ж»	«ЛипКА-Б»
Консистенция и внешний вид	Жидкая, однородная	Однородная, мажущаяся
Вкус и запах	Чистый, молочный, без посторонних привкусов и запахов	
Цвет	От белого до кремового	
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	8,0	20,0
Массовая доля белка, %, не менее	3,0	12,0
Массовая доля жира, %, не менее	1,5	2,0
Кислотность, Т, не более	100,0	150,0
КМАФАнМ, анаэробных микроорганизмов КОЕ, /г не более	100 000	
БГКП в 0,1 г продукта	Не допускаются	
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта	Не допускаются	

Технологический процесс производства концентрата «ЛипКА-Ж» осуществляется в следующей последовательности: приемка и подготовка сырья; сквашивание обезжиренного молока; составление смеси; коагуляция и выделение молочных белков; диспергирование белковой смеси; охлаждение; расфасовка и упаковка готового продукта.

В качестве сырья для выработки продукта используют свежую подсырную несепарированную сыворотку и обезжиренное молоко, полученное из цельного молока не ниже второго сорта. Принятую молочную сыворотку охлаждают до температуры 6–8 °С и направляют в резервуар для кратковременного резервирования. При наличии сквашенного обезжиренного молока сыворотку сразу подогревают до температуры 65–79 °С и подают в резервуар для составления смеси.

Обезжиренное молоко пастеризуют при температуре 76–80 °С с выдержкой 20–25 с и после охлаждения до температуры 42–45 °С направляется в резервуар с двойными стенками для сквашивания. Обезжиренное молоко сквашивается чистыми культурами *Lactobacillus acidophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в резервуаре при температуре 42–45 °С в течение 6–8 ч. Сквашенное обезжиренное молоко направляется в резервуар с подогретой сывороткой для составления смеси. Количество обезжиренного молока определяют исходя из его кислотности и кислотности молочной сыворотки.

Для составления смеси используют ванны для отваривания альбумина или резервуары с двойными стенками. Смесь перемешивают, нагревают до температуры 90–95 °С и выдерживают при этой температуре в течение 15–20 мин. Денатурированные белки отделяют способом отстаивания или центрифугирования. В первом случае смесь белков и сыворотки оставляют в покое для укрупнения хлопьев белка и их отстаивания. Продолжительность отстаивания составляет не менее 2,5 ч. В конце выдержки сыворотка становится прозрачной, светло-зеленого цвета. Осветленную сыворотку сливают (декантируют) и направляют в сборный резервуар. Смесь белков с остатками сыворотки (массовая доля сухих веществ в смеси должна быть не менее 8%) направляют на диспергирование для получения однородной консистенции. Допускается процесс диспергирования заменять интенсивным перемешиванием с использованием шестеренчатых насосов (ванна–насос–ванна) в течение 15–20 мин. Диспергированный липидно-казеиново-альбуминный концентрат охлаждают до 8 °С и направляют на фасовку или резервирование. Срок хранения концентрата «ЛипКА-Ж» при температуре 8–10 °С не более 3 сут.

Технологический процесс производства концентрата «ЛипКА-Б» осуществляется в следующей последовательности: сбор и обработка сырья; сквашивание обезжиренного молока; составление смеси; коагуляция и выделение молочных белков; перемешивание и прессование; охлаждение; расфасовка и упаковка готового продукта.

Сбор и обработка сырья, сквашивание обезжиренного молока, составление смеси и коагуляция белков молока идентична процессам, описанным при выработке концентрата «ЛипКА-Ж». Выделение коагулированной белковой массы проводят отстоем с последующей декантацией осветленной сыворотки и самопрессованием белковой массы; центрифугированием или сепарированием на саморазгружающихся сепараторах-осветлителях. После отстоя сыворотки с денатурированными белками и удаления осветленной сыворотки декантацией, белковый густок перемешивают и разливают в бязевые мешочки для самопрессования и прессования. Для этих целей можно использовать пресс-тележку, применяемую при производстве творога. Влажность белковой массы регулируется временем прессования, которое составляет 12–18 ч.

Наиболее эффективно отделение коагулированных белков проводить методом центрифугирования на специальных саморазгружающихся сепараторах ОТС. В этом случае после завершения процесса коагуляции белков смесь тщательно перемешивают и направляют на сепарирование. Влажность белковой массы регулируют периодичностью разгрузки сепаратора.

При использовании непрерывно-поточного способа коагуляции белков (линия ВНИИМС) сыворотка и обезжиренное молоко смешиваются в потоке с помощью дозирующего устройства. Далее смесь подается в установку для высокотемпературного нагрева, где она нагревается до температуры 90–95 °С. Затем смесь последовательно подается в коагулятор в охладитель. Охлаждают готовый продукт до температуры 8 °С. Готовый продукт хранят при данной температуре не более 5 сут.

Технологический процесс производства концентрата «Липка-С» осуществляется в следующей последовательности: сбор и обработка сырья; сквашивание обезжиренного молока; составление смеси и коагуляция белков молока; выделение белковой массы; измельчение белковой массы; диспергирование белковой массы; сушка белковой массы; охлаждение и расфасовка готового продукта.

Перечень технологических операций показывает их идентичность с процессами при выработке казеино-альбуминного концентрата в виде белковой массы. Выделенную белковую массу охлаждают до 8 °С, измельчают на коллоидной мельнице и направляют в резервуар с рубашкой и мешалкой. При постоянном перемешивании температуру поднимают до 60–65 °С, гомогенизируют при этой температуре и направляют на распылительную сушилку. Температуру воздуха на входе в сушильную башню поддерживают в пределах 160–170 °С, на выходе минус 80–85 °С.

Хранят сухой концентрат при температуре 8–10 °С и относительной влажности воздуха 85 % не более 6 мес. с момента выработки.

В целом, реализация бренда «ЛипКА» как будто специально приурочена не только к реалиям рыночной экономики — минимизация затрат, но и соответствует антикризисным мерам — получение пищевого продукта с занятостью персонала.

Молочно-белковое желе «Альбика» вырабатывается с фруктовыми и овощными наполнителями, какао или без наполнителей. В зависимости от используемых наполнителей производят следующие виды желе: желе молочно-белковое «Альбика»; желе молочно-белковое «Альбика» с фруктовыми наполнителями; желе молочно-белковое «Альбика» с овощными наполнителями; желе молочно-белковое «Альбика» с какао-порошком. В качестве сырья при выработке молочно-белкового желе используют сыворотку молочную творожную или подсырную; обезжиренное молоко; закваску, приготовленную с использованием сухого бактериального препарата «Бактостан»; сахар-песок; желатин пищевой; соки — айвовый, персиковый, абрикосовый, вишневый, мандариновый концентрированный, свекольный, морковный; сиропы: клубничный, вишневый, мандариновый; напитки тыквенный, тыквенно-яблочный; какао-порошок.

Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели продукта приведены в табл. 17.8. Технологический процесс производства молочно-белковых желе осуществляется в следующей последовательности: приемка сырья и определение его качества; коагуляция белков сыворотки, их отделение и обработка; заквашивание и сквашивание альбуминного молока; подготовка и внесение наполнителей; охлаждение и фасовка продукта.

Таблица 17.8. Характеристика молочно-белкового желе «Альбика»

Наименование показателей	Характеристика и нормы
Вкус и запах	Сладковато-кисловатый, при выработке с наполнителями — с выраженным вкусом и запахом внесенного наполнителя. Допускается легкий сывороточный привкус
Консистенция и внешний вид	Плотная, желеобразная. Допускается наличие незначительного количества пузырьков воздуха на поверхности и частиц наполнителя в массе продукта
Цвет	Белый, при выработке с наполнителями имеет цвет внесенного наполнителя

Окончание табл. 17.8

Наименование показателей	Характеристика и нормы
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	21,0
Массовая доля сахарозы, %, не менее	14,0
Кислотность, °Т, не более	90,0
Температура продукта при выпуске с предприятия, °С, не выше	8,0
Бактерии группы кишечных палочек в 0,3 см ³ продукта	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 см ³ продукта	Не допускаются

Выделение белков из сыворотки проводят тепловым способом. Свежую подсырную или творожную сыворотку нагревают в ванне до температуры 90–95 °С до появления хлопьев белка. Допускается выделение белков в подсырной сыворотке проводить с применением соляной кислоты, кислой сыворотки или хлористого кальция. Кислую сыворотку получают сквашиванием свежей сыворотки чистыми культурами болгарской или ацидофильной палочки. Соляную кислоту или кислую сыворотку вносят из расчета подкисления сыворотки до 30–35 °Т с последующим нагреванием. При выделении белков хлористым кальцием в свежую подсырную сыворотку после нагревания до температуры 92–95 °С, приливают 18–20 %-й раствор хлористого кальция в количестве 1 %. Раствор хлористого кальция вносится при активном перемешивании исходной сыворотки.

Для более полного выделения белков из молочной сыворотки при коагуляции необходимо дать выдержку при температуре 90–95 °С не менее 20 мин. Коагулированный белок оседает на дно ванны в течение 1,5–2,0 ч. Осветленную сыворотку сливают через специальный штуцер ванны или сифоном, а осадок в количестве 15–20 % от объема перерабатываемой сыворотки направляют на измельчение.

Измельчение хлопьев белка проводят с помощью гомогенизатора для молока при температуре 27,5–47,5 °С и давлении 20 МПа или шестеренчатого насоса под давлением 0,1 МПа в течение 15 мин до получения однородной жидкости в виде альбуминного молока с массовой долей сухих веществ 7–9 %.

Полученное альбуминное молоко охлаждают до температуры 30–32 °С и направляют в емкость для заквашивания. Закваску готовят на обезжиренном молоке в соответствии с инструкцией по применению сухого бактериального препарата «Бактостан». В подготовленное альбуминное молоко вносят 3,0–4,0 % бактериальной закваски в зависимости от ее активности и вида сырья. Смесь тщательно перемешивают в течение 15–25 мин и оставляют для сквашивания.

При необходимости допускается перед заквашиванием альбуминное молоко пастеризовать вторично при температуре 63–67 °С с выдержкой в течение 30 мин. Сквашивают полученную смесь при температуре 30–32 °С в течение 14–16 ч до кислотности от 75 до 110 °Т. Параллельно со сквашиванием готовят к внесению компоненты, предусмотренные рецептурой.

Для приготовления 10 %-го раствора желатина его заливают холодной водой и оставляют для набухания в течение 1 ч. После набухания в раствор желатина вносят сахар-песок согласно рецептуре. Смесь пастеризуют при температуре 64–67 °С. в течение 30 мин, охлаждают до температуры 30–32 °С и фильтруют.

В сквашенное альбуминное молоко вносят по рецептуре предварительно подготовленные желатин, сахар, наполнители. Смесь тщательно перемешивают, затем охлаждают до температуры 13–19 °С и выдерживают при этой температуре в течение 30 мин, а затем фасуют.

Расфасованный продукт направляют в холодильную камеру с температурой 6–10 °С и выдерживают до образования плотной желеобразной консистенции. Молочно-белковое желе «Альбика» хранят при температуре от 4 до 8 °С не более 48 ч с момента окончания технологического процесса.

17.5. Совместная термокислотная коагуляция несепарированной молочной сыворотки, обезжиренного молока и пахты по технологии «Термо»

О. А. Сукончев [32] провел специальные исследования по термокислотной коагуляции белков несепарированной молочной сыворотки в присутствии обезжиренного молока и пахты по экологически чистому способу (без реагентов) с брендом «Термо». В основе процесса совместной термокислотной коагуляции белков молока лежит способность сывороточных белков вступать в реакции комплексообразования с мицеллами казеина.

На первом этапе работы изучали систему: обезжиренное молоко — пахта — молочная сыворотка для определения оптимального соотношения исходных компонентов, максимального выхода молочного белка, его органолептических показателей. В табл. 17.9 представлена матрица проведения эксперимента и соотношение компонентов.

Таблица 17.9. Соотношение компонентов в смеси

№	X_1	X_2	X_3	Обезжиренное молоко, части X_1	Пахта, части X_2	Сыворотка части X_3
1.	–1	–1	–1	25	25	10
2.	–1	–1	+1	25	25	30
3.	–1	+1	–1	25	75	10
4.	–1	+1	+1	25	75	30
5.	+1	–1	–1	75	25	10
6.	+1	–1	+1	75	25	30
7.	+1	+1	–1	75	75	10
8.	+1	+1	+1	75	75	30
9.	–2	0	0	0	50	20
10.	+2	0	0	100	50	20
11.	0	–2	0	50	0	20
12.	0	+2	0	50	100	20
13.	0	0	–2	50	50	0
14.	0	0	+2	50	50	40
15.	0	0	0	50	50	20

В результате органолептической оценки продукта, получаемого при совместной термокислотной коагуляции молочных белков, установлено, что лучшим является образец № 15, который отличался чистым кисло-молочным вкусом и запахом, с привкусом пастеризации, однородной, нежной, в меру плотной консистенцией. В связи с вышеизложенным и учитывая высокий выход продукта, признано целесообразным при выработке мягкого сыра и творога использовать соотношение компонентов 50 : 50 : 20. С увеличением дозы обезжиренного мо-

лока уменьшаются потери белка при термокислотной коагуляции. Добавление пахты в смесь снижает расход смеси, причем дозы пахты и обезжиренного молока взаимозаменяемы. Отмечено, что с повышением дозы сыворотки, расход смеси значительно повышается, что связано с небольшим содержанием белка и сухих веществ в сыворотке по сравнению с таковым в обезжиренном молоке, пахте.

В соответствии с поставленной задачей была разработана схема процесса выделения молочных белков из смеси обезжиренного молока, пахты и неспариванной подсырной сыворотки методом совместной термокислотной коагуляции. Она, в частности, предусматривает составление и нагревание смеси, приготовление кислой сыворотки, коагуляцию белков, отделение сыворотки, посолку белковой массы, внесение наполнителя, формование, самопрессование, хранение. В результате получали мягкий сыр Станичный и творог Домашний. Исследования свойств мягкого сыра и творога, выработанных по технологии «Термо», были проведены в свете новых представлений о качестве продуктов питания, с учетом соответствия их современным требованиям диетологии по сбалансированности питательных веществ, калорийности и биологической ценности. Показатели химического состава и энергетической ценности сыра Станичный и творога Домашний представлены в табл. 17.10.

Таблица 17.10. Химический состав продуктов

Наименование продукта	Массовая доля, %					Энергетическая ценность, ккал/100 г
	Влаги	Жира	Белка	Лактозы	Молоч- ной кислоты	
Сыр Станичный	70,0	2,0	20,0	2,5	0,7	110
Творог Домашний	70,0	4,0	20,0	3,0	0,8	130

Определена пищевая ценность сыра и творога, которая выявила высокую степень соответствия их состава формуле сбалансированности питания: сыра по массовой доле белка — 55–68%; жира — 6–7%; углеводов — 1,5–2%; органических кислот — 95%; творога по массовой доле белка — 46–58%; жира — 9–12%; углеводов — 1–1,5%; органических кислот — 81%.

Указанные продукты достаточно хорошо адаптированы к мини-производствам и фермерским хозяйствам. Более подробное изложение процесса использования комплекса казеиновой пыли, молочного жира и сывороточных белков подсырной и творожной сывороток в сырodelии и при получении творога изложено в главе 19, как результат специальных исследований А. Ф. Лафишева [33] и В. М. Клепкер [34], а также КемТИПП.

17.6. Белковые продукты на основе УФ-концентратов молочной сыворотки

Анализ результатов проведенных исследований физико-химических свойств молочной сыворотки, как ЖВПС и объектов баромембранного разделения, а также процессов, связанных с выделением дисперсной фазы из них, позволил наметить пути совершенствования существующих аппаратно-технологических схем ее переработки [35]. На основе полученных данных профессорами И. А. Евдокимовым и С. П. Бабенышевым сформулированы общие подхо-

ды к совершенствованию существующих и разработке новых конструкций баромембранных аппаратов.

В основу разработки была положена гипотеза повышения эффективности процесса баромембранного разделения нативной (неочищенной в поле центробежных сил) молочной сыворотки. Было установлено, что частицы дисперсной фазы, воздействуя на примембранный слой формирующихся отложений и турбулизируя поток разделяемой системы, способствуют увеличению проницаемости мембран. Для проверки полученных данных были проведены экспериментальные исследования процесса ультрафильтрации очищенной и неочищенной подсырной сыворотки на установке полупромышленного типа. Полученные результаты представлены на рис. 17.4.

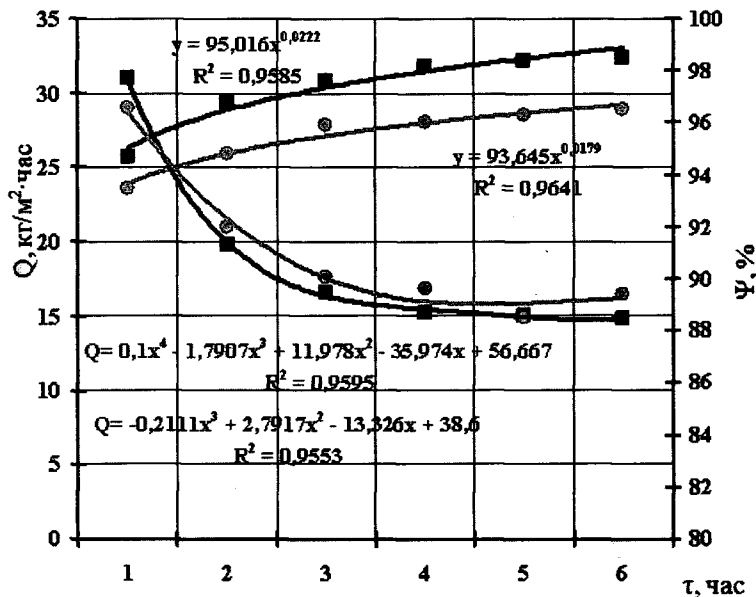


Рис. 17.4. Зависимость проницаемости Q и селективности Ψ полимерной мембраны УПМ-П от длительности процесса τ ультрафильтрации (●) очищенной и (■) неочищенной подсырной сыворотки

Установлено, что в начальный период процесса 1,5–2 ч происходит значительное падение проницаемости мембран при монотонном нарастании их селективности. Однако при ультрафильтрации НМС примерно после двух часов работы баромембранного аппарата наблюдается определенная стабилизация величины его удельной производительности. Скорость падения проницаемости мембран снижается и стабилизируется в диапазоне 2–3 кг/м²·ч².

На основании проведенных исследований разработана аппаратурно-технологическая схема переработки молочной сыворотки, отличающаяся от традиционной исключением операции ее очистки в поле центробежных сил (рис. 17.5).

Такой способ утилизации молочной сыворотки помимо исключения дорогостоящего оборудования для ее предварительной очистки обеспечивает получение концентрата с более полным аминокислотным составом (сывороточная белковая фракция обогащается казеиновыми белками) и улучшенными потребительскими свойствами. Получаемый в результате ультрафильтрации фильтрат (пермеат) практически не содержит белковых фракций, отлича-

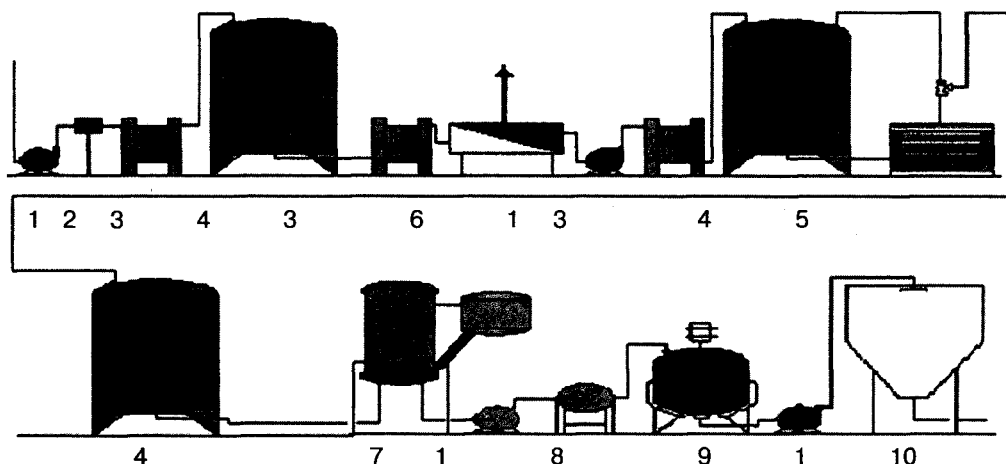


Рис. 17.5. Технологическая схема получения сухой молочной сыворотки с использованием мембранных аппаратов: 1 — насос; 2 — счетчик; 3 — пастеризационно-охладительная установка; 4 — резервуар; 5 — электродиализная установка; 6 — баромембранная установка; 7 — вакуум-выпарная установка; 8 — трубчатый теплообменник; 9 — кристаллизатор-охладитель; 10 — распылительная сушилка

ется прозрачностью, хорошими органолептическими показателями и может быть использован в основном производстве, например, для получения молочного сахара.

Технология получения нового поколения КСБ-УФ/ЭД с деминерализацией отработана Г. Б. Гавриловым [36] и реализована в линейке продуктов функционального питания «На здоровье» (глава 19).

17.7. Инновационные прорывы по фракционированию белков молочной сыворотки

Видимо пришло время, когда необходимо системно рассмотреть возможность получения отдельных белков из комплекса азотсодержащих соединений молочной сыворотки. Такие разработки уже имеются. За рубежом налажено промышленное производство. Дело чести отечественного молочного дела — реализовать и этот феномен на практике.

17.7.1. β -Лактоглобулин

β -Лактоглобулин, как и другие фракции белков молочной сыворотки, в последнее десятилетие был объектом пристального внимания как ресурс получения биологически активных пептидов [37]. В частности, получаемые на основе β -лактоглобулина биологически активные пептиды выполняют функцию ингибиторов фермента ангиотензин трансферазы, способствующих стабилизации кровяного давления [37, 38].

β -Лактоглобулин принадлежит к семейству ретинол-связывающих белков. Несмотря на то, что глобулярная структура β -лактоглобулина проявляет значительную устойчивость к протеолизу, разработаны технологические приемы его гидролиза с целью получения биологически активных пептидов.

Расшифровка молекулярной структуры β -лактоглобулина позволила установить места локализации биологически активных пептидов, большинство из которых расположены в бета-участке трехмерной структуры молекулы белка [37]. Технология получения биологически активных пептидов предусматривает следующие основные этапы:

- выделение фракции β -лактоглобулина сывороточных белков;
- денатурация белка;
- управляемый протеолиз;
- секвенирование участков пептидной цепи, обладающих специфической биологической активностью.

Примеры биологически активных пептидов, получаемых β -лактоглобулина, приведены в табл. 17.11 [37, 39].

Таблица 17.11. Биологически активные пептиды, выделяемые из β -лактоглобулина

Наименование пептида	Аминокислотные остатки цепи β -лактоглобулина	Свойства пептидов
β -Лакторфин	142–148	Ингибитор ангиотензин трансферазы
	101–112	Обладает сродством к опиоиду
	102–105	Обладает сродством к опиоиду
β -Лактозин А	102–105	Обладает сродством к опиоиду
β -Лактотензин	1–5, 7–9, 10–14, 81–82, 22–25, 32–40	Ингибитор ангиотензин трансферазы
	81–83, 94–104, 106–111, 142–146,	Ингибитор ангиотензин трансферазы
	146–149	

Следует отметить, что лактоглобулины направленного действия [40], полученные из сыворотки молозива нашли практическое воплощение в рецептурах линейки биопродуктов бренда «Лактимос» [41].

17.7.2. α -Лактальбумин

Использование α -лактальбумина позволяет получить более широкий спектр биологически активных пептидов по сравнению β -лактоглобулином [37]. К ним относятся ингибиторы ангиотензин трансферазы, опиоид, антимикробные и иммуностимулирующие пептиды. Исследование трехмерного строения α -лактальбумина показало, что биологически активные пептиды (ингибиторы ангиотензин трансферазы и иммуностимуляторы) присутствуют во внешней петлевой структуре, вследствие чего они доступны действию эндопротеаз.

Подбор подходящих протеаз позволяет высвободить указанные пептиды без эффекта экстенсивного гидролиза. Это дает преимущества при получении изолятов и идентификации пептидов, так как более экстенсивный гидролиз приводит к образованию большого количества пептидов крайне малого размера [37].

Технология получения пептидов с антимикробными свойствами — ингибиторов роста грамм-положительных бактерий основана на обработке α -лактальбумина препаратами трипсина и химотрипсина. Протеолиз под действием пепсина приводит к образованию неактивных форм пептидов. Примеры биологически активных пептидов, получаемых на основе α -лактальбумина, приведены в табл. 17.12 [37, 39].

Таблица 17.12. Биологически активные пептиды, выделяемые из α -лактальбумина

Наименование пептида	Аминокислотные остатки цепи α -лактальбумина	Свойства пептидов
α -Лакторфин	50–53	Ингибитор ангиотензин трансферазы/
	18–19, 18–20	Обладает сродством к опиоиду
	50–54	Стимулятор лимфоцитов крови
	50–52, 99–108, 104–108	Обладает сродством к опиоиду
	1–5, 17–31 S-S 109–114, 61–68 S-S 75–80	Ингибитор ангиотензин трансферазы Антимикробный агент

Фирма Вестфалия Сепаратор разработала технологию и оборудование для извлечения лактальбумина из молочной сыворотки [42]. Специфика линии заключается в наличии двух декантеров, обеспечивающих промывку денатурированных белков после тепловой коагуляции. При этом содержание сухих веществ в белковой массе повышается с 16 до 35 %. Из 230 л молочной сыворотки можно получить 1 кг сухого лактальбумина.

17.7.3. Ангиогенин

Приоритет разработки научно-технических основ технологии биологически активного вещества — ангиогенина из молочного сырья на примере молочной сыворотки в виде биологически активной добавки (БАД) «Милканг» принадлежит нашей стране — творческому коллективу ИНБИ РАН и МГУПБ под руководством академика И. А. Рогова и по нашему мнению является выдающимся достижением отечественной биотехнологии. Системные исследования проблемы проведены проф. Н. А. Тихомировой [43] и опубликованы [44, 45, 46].

Ангиогенин — специфическая рибонуклеаза, являющаяся активным фактором роста кровеносных сосудов и основой создания лекарственных препаратов для лечения ран различного генезиса. По имеющимся данным его, содержание в молочной сыворотке составляет от $(0,5 \pm 0,05)$ до $(1,2 \pm 0,05)$ мг/г. Для информации следует обратить внимание, что содержание ангиогенина в молоке цельном составляет от $(2,3 \pm 0,07)$ до $(0,9 \pm 0,07)$, молоке обезжиренном от $(1,7 \pm 0,09)$ до $(5,0 \pm 0,09)$, а ультраfiltrате от $(0,18 \pm 0,005)$ до $(0,8 \pm 0,005)$ мг/г. Это сразу отдаёт предпочтение молочной сыворотке, как природному источнику для наших сосудов и исходному сырью при получении препаратов.

Технология извлечения ангиогенина из молочного сырья в виде биологически активной добавки «Милканг» включает следующие операции: приемку и оценку качества сырья; подготовку сырья — хроматографическую очистку, диализ, микрофилтрацию; стабилизацию системы сублимационной сушкой. Физико-химические показатели БАД после диализа:

сухих веществ, %	$4,0 \pm 0,002$
pH	$6,9 \pm 0,02$
вязкость, Па·с·10 ⁻³	$1,03 \pm 0,005$

Аминокислотный скор БАД имеет дефицит только по валину и изолейцину, что свидетельствует о высокой биологической ценности. Содержание ангиогенина в белковой СМ-фракции составляет в водном растворе 0,1–0,3 мг/мл, в сухом препарате 0,5–1,8 мг/г. Кроме ангиогенина продукт содержит лизоцим, панкреатическую РНК и полипептиды.

Работа по ангиогенину продолжается [47]. Хотелось бы надеяться, что будет найден механизм воплощения научной разработки в промышленном масштабе в родном отечестве с использованием в качестве сырья имеющихся ресурсов молочной сыворотки. Это будет достойной оценкой усилий творческого коллектива и подтверждением феномена объекта монографии.

17.7.4. Лактоферрин

Наряду с производством концентратов сывороточных белков, фракций α -лактальбумина, β -лактоглобулина, альбумина сыворотки представляет интерес получение лактоферрина — минорного сывороточного белка со специфической физиологической активностью. Важнейшими физиологическими функциями лактоферрина являются способность связывать железо и удерживать его при достаточно жестких физиологических условиях, а также присутствие белка в качестве защитного фактора в местах организма, где есть угроза проникновения микробов [48].

Производство лактоферрина было впервые освоено в Германии в 70-е годы XX века компанией *Miley GmbH* совместно с мировым лидером — фирмой по производству пищевых ингредиентов и продуктов функционального питания «Моринага Милк Индастри» (Япония) в рамках комплексной переработки подсырной сыворотки по мембранной технологии на концентраты лактулозы и сывороточных белков (рис. 17.6) [49].

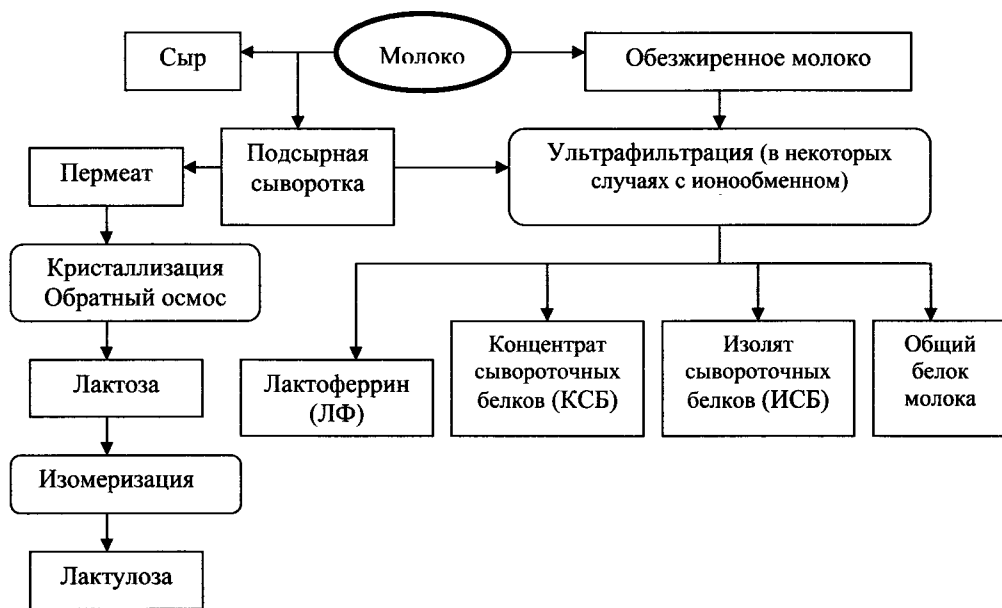


Рис. 17.6. Схема комплексной переработки подсырной сыворотки на продукты функционального питания по мембранной технологии

Для производства лактоферрина в промышленных масштабах используются катионообменные смолы, на которых белок легко адсорбируется и отделяется от других фракций белков молочной сыворотки, являющихся анионами. На второй стадии катионообменная смола промывается водой, а лактоферрин элюируется с помощью концентрированных солевых растворов. Принципиальная схема получения сухого концентрата лактоферрина представлена на рис. 17.7 [49].

Характеристика концентрата лактоферрина приведена в табл. 17.13 [49].

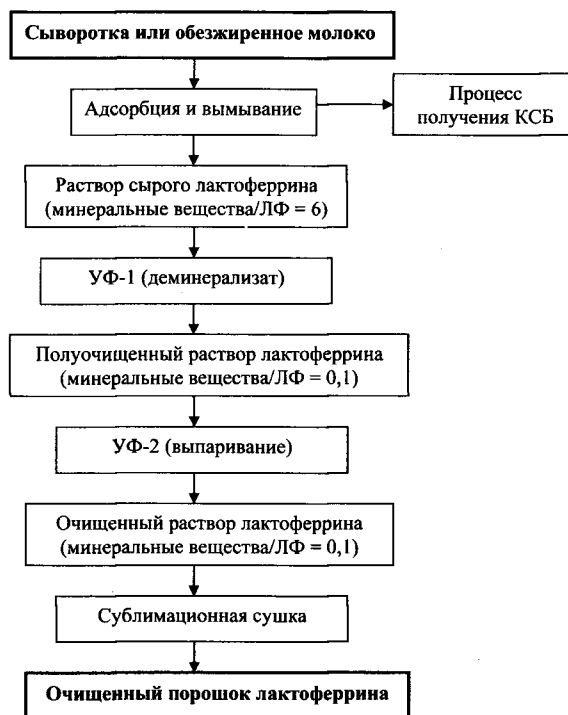


Рис. 17.7. Принципиальная схема получения сухого концентрата лактоферрина

Таблица 17.13. Состав и показатели качества концентрата лактоферрина

Наименование показателей	Характеристика или норма для продукта
Физико-химические показатели	
Чистота, %, не менее	96
Содержание белка (N · 6,38), %, не менее	94,5
Зола, %, не более	1,3
Влажность, %, не более	4,2
Железо, мг%, не более	45
pH (2%-й раствор)	5,2–7,2
Микробиологические показатели	
Общее число бактерий, КОЕ/г, не более	1000
Наличие <i>Staphylococcus</i> , <i>Salmonella</i>	Не допускается
Дрожжи и плесени, КОЕ/г, не более	30
Биологические свойства	
<i>in vitro</i>	Антимикробная и противовирусная активность
<i>in vivo</i>	Иммуномодулирующее действие
	Антиоксидантный эффект
	Влияние на размножение разных видов клеток
	Регулирование абсорбции железа в кишечнике
	Защита организма хозяина

Традиционный способ получения концентрата лактоферрина предусматривает использование ионообменных колонн, в то время как использование альтернативного метода мембранной адсорбции дает ряд преимуществ: исключение диффузионных ограничений процесса, высокие скорости потока обрабатываемого раствора и небольшая продолжительность производственного цикла, простота в управлении и масштабировании [50].

На основе метода мембранной адсорбции в Германии разработана оригинальная технология выделения изолята лактоферрина [50]. Принципиальная схема получения изолята лактоферрина из подсырной сыворотки представлена на рис. 17.8.

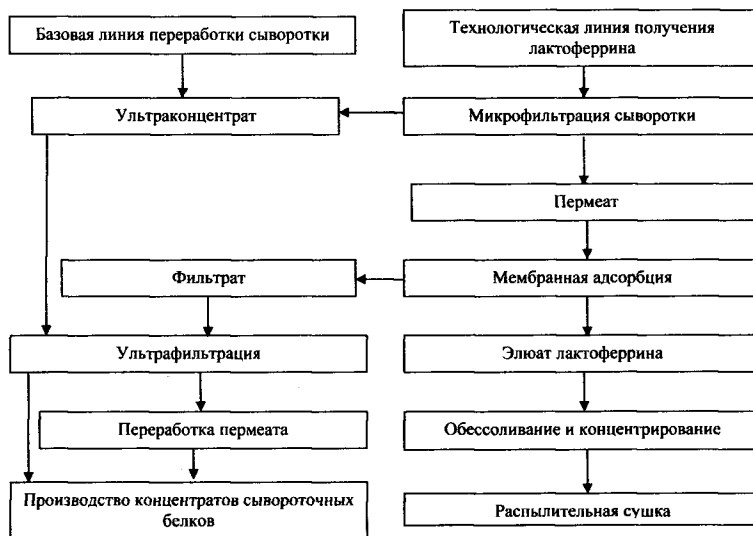


Рис. 17.8. Принципиальная схема получения изолята лактоферрина

Предварительную обработку сыворотки на микрофильтрационной установке проводят для выделения нерастворимых частиц и молочного жира, препятствующих работе катионообменных мембранных модулей. Пермеат, получаемый на стадии микрофильтрации, направляют на мембранный адсорбер, выпускаемый компанией «Сарториус АГ» (Геттинген, Германия).

Активные группы, расположенные на внутренней поверхности ионообменных мембран, представляют собой радикалы сульфоновой кислоты. Мембранные модули выпускают в различном исполнении размерами от 15 см² (0,41 мл) до 8 м² (2,2 л) каждый. Динамическая обменная емкость спирального мембранного модуля (15 витков) по лактоферрину составляет 0,2 мг/см² (7,3 мг/мл). Контроль качества изолята лактоферрина осуществляется методом гель-электрофореза.

В промышленных условиях используют фильтрационные аппараты из нержавеющей стали, работающие при давлении 0,2–0,7 МПа, что соответствует скорости потока обрабатываемой жидкости 8–24 л/мин. Для раздельного элюирования лактоферрина и побочного продукта — фермента лактопероксидазы используют растворы хлорида натрия различной концентрации (0,15 М и 1 М соответственно). Выход лактоферрина за один рабочий цикл (3,5 мин) составляет 7 г (88%). Через каждые несколько рабочих циклов проводится мойка и частичная регенерация ионообменника.

Для организации непрерывной работы линии используется схема с двумя параллельно соединенными мембранными установками, включающими по два ионообменных модуля

с рабочей поверхностью 2 м² каждый, что позволяет чередовать циклы работы и мойки/регенерации ионообменника. При 20-часовом режиме работы в течение 300 дней в году годовой выход лактоферрина должен составить 7140 кг на 100 000 тонн перерабатываемой сыворотки. По оценкам авторов технологии, затраты на приобретение, монтаж и эксплуатацию установки составляют 689,5 тыс. евро (96,5 евро на 1 кг лактоферрина) [50].

Перспективным направлением совершенствования технологии лактоферрина является создание композиционных иммуобиотехнологических препаратов. Сотрудниками Московского государственного университета прикладной биотехнологии и Института биохимии им. А. Н. Баха разработан способ получения комплексного препарата «ЛП-ЛФ-ИГ» в жидкой и сухой формах, включающего лактопероксидазу, лактоферрин и иммуноглобулины [51]. Препарат обладает выраженным антимикробным действием с широким спектром видовой специфичности и иммуностимулирующими свойствами [52].

В последние годы наметилась новая тенденция применения лактоферрина как биологически активного вещества с пребиотическими свойствами. Специалистами ВНИМИ исследовано влияние лактоферрина на процесс сквашивания молока с использованием тест культуры бифидобактерий штамма *Bifidobacterium adolescentis* MS-42 и изменение количества клеток бифидобактерий в процессе хранения образцов кисломолочных стустков [53]. Результаты исследований позволили рекомендовать лактоферрин в качестве бифидус-фактора при разработке новых функциональных кисломолочных продуктов с бифидобактериями.

Лактоферрин, наряду с α -лактальбумином и β -лактоглобулином, рассматривается как источник получения биологически активных пептидов [37, 54]. Например, обработка лактоферрина препаратами пепсина в кислой среде позволяет получить лактоферрицин — биологически активный пептид с антимикробными свойствами. Лактоферрицин принадлежит к семейству катионных пептидов, богатых аргинином и триптофаном, структурно организованных таким образом, что молекулы аргинина локализованы на одной стороне молекулы, а молекулы триптофана — на другой. Такая амфотерная структура позволяет «триптофановой» части молекулы пептида связываться с мембранами клеток бактерий и нарушать их нормальное функционирование за счет удаления с поверхности клетки кальция и магния, а также проникновения в мембранные каналы [37].

Примеры биологически активных пептидов, получаемых из лактоферрина, приведены в табл. 17.14 [37, 54].

Таблица 17.14. Биологически активные пептиды, выделяемые из лактоферрина

Наименование пептида	Аминокислотные остатки цепи лактоферрина	Свойства пептидов
Лактоферрицин	17–41	Антимикробный агент, иммуностимулятор
—	Углеводородный пептид	Связывание токсина холеры
Лактоферроксин А	318–323	Антагонист опиоида

17.7.5. L-карнитин

Разработки наших коллег в Японии [55] позволили приоткрыть еще одну сторону феномена молочной сыворотки — L-карнитин. Известно, что L-карнитин играет важную роль в энергетическом обмене, транспортируя активированные жирные кислоты (ацетилтрансфераза CoA) в митохондриальный матрикс. L-карнитин — это амфотерный четвертичный амин; он положительно заряжен в кислой среде и нейтрально — в щелочной среде (рис. 17.9) [55].

L-карнитин в большом количестве содержится в мясных продуктах, а также в овощах, фруктах, зерновых и в яйце. L-карнитин присутствует в молоке в умеренных количествах,

приблизительно 3 мг/100 г, большая его часть переходит в сыворотку, при ее ультрафильтрации — в пермеат.

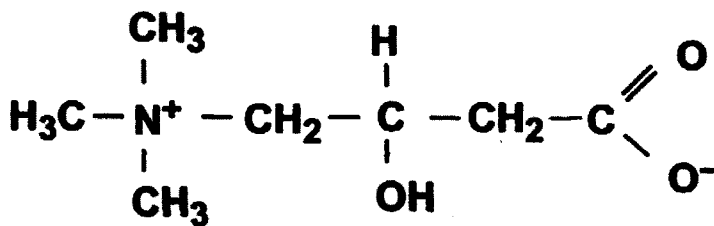


Рис. 17.9. Структура *L*-карнитина

Содержание *L*-карнитина в сыворотке составляет около 40 мг/100 г сухого вещества. В связи с чем, представляется целесообразной разработка способов его выделения из подсырной сыворотки и ее пермеатов для получения функциональных ингредиентов.

Данные свойства были использованы при разработке хроматографического метода выделения *L*-карнитина из пермеата. Метод основан на пропускании пермеата с массовой долей сухих веществ 9–10 % через ионообменные колонки с сильным катионитом *Amberlite IR-120*.

L-карнитин, адсорбированный на смоле, выделяют методами проточного элюирования и восходящего щелочного элюирования. В качестве элюентов используются хлориды кальция и калия или гидроксид калия, каждый в виде водных растворов с концентрацией 0,5 *N*, имеющих высокую адсорбционную селективность к смоле. В табл. 17.15 представлен состав элюатов при использовании различных элюентов.

Таблица 17.15. Эффективность выделения *L*-карнитина методом восходящего элюирования

Массовая доля в элюате, %	Элюент			
	CaCl ₂ , pH 1,5	KCl, pH 1,7	KOH, pH 12,7	HCl, pH 1,0
<i>L</i> -карнитин	19	18	81	10
Мочевина	20	18	28	14
Небелковый азот	12	9	32	7
Натрий	15	8	9	3
Калий	2	28	10	0
Кальций	72	0	0	0

Причиной, по которой *L*-карнитин наиболее эффективно элюируется гидроксидом калия, предположительно, является ослабление положительного заряда или его полная потеря в щелочной среде.

В табл. 17.16 представлен сравнительный состав пермеата, обогащенного *L*-карнитином методом проточного элюирования, элюента с концентратом *L*-карнитина, полученного путем щелочного элюирования и исходного пермеата.

Таблица 17.16. Сравнительный состав концентратов *L*-карнитина и исходного сырья

Наименование компонентов	Метод элюирования пермеата (пермеат, обогащенного <i>L</i> -карнитином)	Метод восходящего щелочного элюирования (концентрат <i>L</i> -карнитина)	Исходящее сырье (разбавленный пермеат)
	Массовая доля в концентрате, %		
<i>L</i> -карнитин	0,14	2,4	0,03
Мочевина	0,4	5	0,2
Небелковый азот	4,2	50	2,1
Натрий	1,9	8	1,0
Калий	0,8	16	2,6
Магний	0,1	0	0,1
Кальций	0	0	0,4
Зола	3	32	8
Лактоза	86	9	83
<i>L</i> -карнитин/Na	11	30	3
<i>L</i> -карнитин N/мочевина N	7	9	3
<i>L</i> -карнитин N/небелковый азот	2	3	1

Представленные в таблице данные показывают, что *L*-карнитин был сконцентрирован в пермеате (проточный метод) и щелочном элюате (метод восходящего элюирования) 4-и 80-кратно соответственно. Кроме того, щелочной элюат характеризуется более низким остаточным содержанием лактозы. В табл. 17.17 приводится сравнение эффективности рассматриваемых методов [55].

Метод проточного элюирования пермеата более прост в исполнении, характеризуется большим выходом и низкой стоимостью *L*-карнитина, хотя содержание *L*-карнитина в готовом продукте значительно меньше. В то же время метод восходящего щелочного элюирования позволяет получить конечный продукт с большим содержанием *L*-карнитина и низким содержанием лактозы при больших затратах и сложном оформлении процесса.

Таблица 17.17. Сравнительная эффективность методов выделения *L*-карнитина

Наименование показателя	Метод проточного элюирования	Метод восходящего щелочного элюирования
Конечное количество сухих веществ в УФ пермеате (кг/л катионита)	1,85	1,3
Степень выделения <i>L</i> -карнитина (%)	95	81
Выход <i>L</i> -карнитина (кг/л катионита)	0,0007	0,0004
Содержание <i>L</i> -карнитина в сухом веществе (%)	0,15	2,4

L-карнитин, полученный из сыворотки, менее выгоден по затратам, чем химически синтезированный или микробиологически ферментированный препарат, но менее дорогостоящий, чем аналог, полученный из мясного сырья. В связи с этим рассмотренный способ получения может быть позиционирован как инновационный на рынке натурального *L*-карнитина, используемого в качестве ингредиента функциональных продуктов питания с низким содержанием лактозы и минеральных веществ [55, 56].

17.7.6. Факторы роста (цитокины)

Факторы роста, цитокины, хемокины и полипептидные гормоны относятся к белкам, включенным в межклеточные взаимодействия. Механизм действия цитокинов основан на связывании специфических рецепторов на поверхности клетки [57].

Молоко и сыворотка содержат более чем 50 цитокинов. Их концентрация в молоке намного ниже, чем иммуноглобулинов или лактоферрина. Однако цитокины имеют высокую биологическую активность и часто проявляют свои максимальные эффекты в пределах нанограмма/мл.

Применение молочного сырья для получения факторов роста находится в начальной стадии разработки. К потенциально перспективным продуктам следует отнести инсулиноподобный фактор роста (*IGF-1*), эпидермальный фактор роста (*EGF*), трансформирующий фактор роста (*TGF-β*) и фактор роста фибробластов (кислотный и основной). Например, *IGF-1* рассматривается как перспективный компонент смесей детского питания.

Для практического применения, возможно, потребуется разделение факторов роста методами хроматографии, так как они могут иметь противодействующую биологическую активность.

17.7.7. Фолат-связанный белок

Коровье молоко также содержит белки, связанные с витамином B₁₂, фолиевой кислотой и рибофлавином. Биологическая роль фолат-связанного белка заключается в регулировании адсорбции и всасывания фолиевой кислоты в тонком кишечнике [57]. Предполагается, что молочные продукты, содержащие сывороточные белки, способны изолировать фолаты из фруктов и овощей, увеличивая их биодоступность [58].

Содержание фолиевой кислоты в молоке составляет 5–10 мкг/100 г, или 11–22 нмоль/100 г, в сыворотке — 2–6 мкг/100 г или 4,4–13,3 нмоль/100 г. Содержание фолат-связанного белка в молоке и сыворотке, определенное методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, составило 16–21 и 10 нмоль/100 г соответственно. Приблизительно половина фолатов в молоке и сыворотке находится в форме полиглутамата, который, вероятно, не будет связываться с фолат-связанным белком. Фолат-связанный белок, предположительно, выдерживает режимы пастеризации, но не УВТ-обработки молочного сырья. Практическое применение фолат-связанного белка видится в стабилизации фолатов как в молочных, так и немолочных продуктах, а также улучшение их биодоступности [57].

17.7.8. Остеопонтин

На V Международной конференции по молочной сыворотке было озвучено сообщение [59] о принципиальной возможности получения еще одного минорного азотсодержащего соединения белковой природы с рабочим названием «остеопонтин».

Остеопонтин является примером инновационных продуктов на основе минорных фракций белков молочной сыворотки, получаемых на основе ее глубокого фракционирования. Обнаруженный в женском и коровьем молоке в 1989 и 1993 годах соответственно, остеопонтин был characterized как многофункциональный белок, что объясняется, с одной стороны, распространением белка в различных тканях и жидкостях тела человека, а с другой стороны — рядом ожидаемых функциональных свойств в продуктах питания и лекарственных средствах. К основным физиологическим функциям остеопонтина следует отнести:

- иммуностимулирующее и иммунорегулирующее действие;
- участие в обмене кальция метаболизме костей;
- заживление ран.

Первоначально остеопонтин рассматривался компанией *Arla Foods* (Дания) как компонент формул детского питания, но в настоящее время все шире применяется в составе продуктов лечебного, спортивного и функционального питания. Примером продуктов на основе молочной сыворотки, обогащенных остеопонтином является разработка компании *Arla Foods Lactodan OPN-10*, состав которого приведен в табл. 17.18.

Таблица 17.18. Состав продукта *Lactodan OPN-10*

Компоненты	Массовая доля, %
Белок ($N \cdot 6,38$)	78
Остеопонтин, от общего белка	95
Протеин-связанные углеводы (сиаловые кислоты)	8
Лактоза и жир	Не более 1
Зола	8,5
Влага	5

В заключение этого пункта необходимо отметить следующее. Проблема получения синтезированных природой комплекса сывороточных белков в нативном и денатурированном состояниях в отрасли практически решена. Теперь, с учетом достижений нанотехнологии и мембранных методов, предстоит «разобрать» этот комплекс на составляющие — фракции. Далее возможен синтез пептидов и протеолиз до аминокислот. По видимому, нас ждут на этом пути неожиданные открытия для продуктов функционального питания, мед- и вет-препаратов. Хотелось бы надеяться, что и это «сокровище» будет отраслью найдено. Оптимизм внушает внимание наших исследователей к фракциям белков молочной сыворотки, как антибактериальных факторов для повышения стойкости молока [60] и композиционных препаратов [51].

Кроме белковых фракций из молочной сыворотки возможно извлечение сиаловых кислот. Краткая информация приводится ниже.

17.8. Феномен сиаловых кислот

Одно из инновационных направлений при создании продуктов детского питания — включение в состав продуктов сиаловых кислот (рис. 17.10) [61]. Основные формы сиаловых (N -ацетилнейраминовых) кислот в молоке: сиалилгликопротеины (N -гликан: лактоферрин, O -гликан: гликомакропептид κ -казеина), сиалилгликолипиды (моносиалоганглиозиды, ди-сиалоганглиозиды), сиалилолигосахариды (3'-сиалиллактоза и 6'-сиалиллактоза).

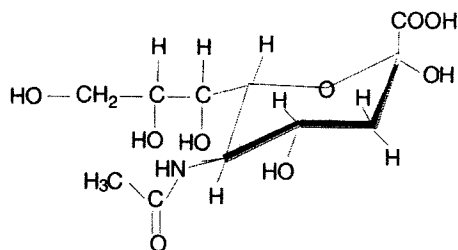


Рис. 17.10. Строение молекулы сиаловой кислоты

Сиаловые кислоты придают продуктам ряд физиологически функциональных свойств.

1. Защита от инфекций (сиалиллактоза и ганглиозиды): предупреждают диарею, вызываемую токсином холеры; предотвращают адгезию *E. coli* к клеткам кишечника; ингибируют связывание *Helicobacter pylori* с эпителиальными клетками желудочно-кишечного тракта; ослабляют действие некоторых патогенных вирусов.

2. Пребиотическое действие (сиалиллактоза и сиалил-гликомакропептид): выступают в качестве промоторов бифидо- и лактобактерий;

3. Развитие нервной системы (моносиалоганглиозиды, дисиалоганглиозиды, сиалил-гликомакропептид): подтверждается ограниченной способностью синтезировать сиаловые кислоты у новорожденных, а также высоким содержанием сиаловой кислоты в форме ганглиозидов, сиалогликопротеинов в мозге и центральной нервной системе.

В подсырной сыворотке содержится 280 мг/100 г сухого вещества сиаловой кислоты, из них менее 1 % приходится на свободную сиаловую кислоту [61]. Выделение соединений сиаловой кислоты из молочной сыворотки сопряжено с технологическими процессами фракционирования сывороточных белков и кристаллизации лактозы.

При фракционировании сывороточных белков методом ионообменной хроматографии с использованием сильноосновных анионообменных смол соединения сиаловой кислоты распределяются по фракциям практически равномерно: в белковом концентрате 145 мг/100 г сухого вещества, в депротеинизированной сыворотке — 135 мг/100 г сухого вещества. В процессе кристаллизации лактозы сиаловая кислота переходит преимущественно в мелассу (650 мг/100 г сухого вещества, из которых 20–40 % приходится на свободную сиаловую кислоту) [61].

Полученную сиаловую кислоту применяют в качестве ингредиента в формулах детского питания, чтобы максимально приблизить состав коровьего молока к женскому. В табл. 17.19 приведено содержание сиаловой кислоты и ее соединений в продуктах, полученных из подсырной сыворотки [61].

Таблица 17.19. Содержание сиаловой кислоты в продуктах из молочной сыворотки

Наименование и характеристика продукта	Общее содержание, %	Гликомакропептид, %	Сиалиллактоза	
			3'-сиалил-лактоза	6'-сиалил-лактоза
<i>PROTARMOR 907LS</i> (сывороточный белковый концентрат, получаемый методом ионообмена)	1,5	12	0	0
<i>VITALARMOR 607</i> (сывороточный белковый концентрат, обогащенный α -лактальбумином)	1,0	9	0,09	0,02
<i>VITALARMOR 230</i> (деминерализованная сыворотка с 90 %-м уровнем деминерализации, обогащенная α -лактоальбумином)	0,4	2	0,25	0,07
<i>WPC A</i> (обогащен α -лактальбумином)	2,0	9	0,12	0,03
<i>WPC B</i> (обогащен α -лактальбумином)	0,23	0	0,03	0,008
<i>WPC C</i> (обогащен κ -казеином)	5,1	54	0	0
<i>WPC D</i> (обогащен β -лактоглобулином)	0,3	23	0	0

17.9. Инновационные технологии молочного сахара (лактозы)

Тематика по молочному сахару достаточно полно освещена в монографии [62], которая содержит наше видение проблемы на мировом уровне в преддверии симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» (Россия, г. Москва, май, 2007). Видимо следует признать, что на первый план по этому вопросу выдвигаются проблемы маркетинга молочного сахара, как товара, а затем следует технология.

17.9.1 Маркетинг молочного сахара (лактозы), как промышленного товара

Вопросы маркетинговых исследований в плане объемов производства и продаж лактозы, изменения спроса и цен на нее отражены во многих докладах симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» [63]. Особое внимание было уделено в докладе и презентации консультанта компании *3A Business Consulting Tage Affertsholt-Allen* [64], который специально рассмотрел интереснейшие аспекты мирового маркетинга лактозы и его производных.

Молочный сахар относится к товарам, которые используются промышленными предприятиями и организациями для производства других товаров и услуг [65], что накладывает определенные особенности на маркетинговые исследования товара «молочный сахар» или «лактоза».

Товар «Молочный сахар (лактоза)». С одной стороны — это пищевая добавка, подсластитель, имеющий углеводную природу и использующийся как компонент товаров широкого потребления. Потребительские свойства молочного сахара обусловлены его уникальными физико-химическими и физиологическими свойствами. С другой стороны, молочный сахар может выступать и в качестве сырьевого источника для получения производных лактозы: лактулозы, лактитола, лактобионовой кислоты и т. д. — более 100 наименований [66].

Основной показатель качества товара молочный сахар (лактоза) — степень очистки от балластных веществ, который напрямую зависит от способа производства. Согласно российским и зарубежным стандартам, выделяют три категории качества молочного сахара (лактозы) [66, 67]:

- молочный сахар-сырец (техническая лактоза);
- молочный сахар пищевой (пищевая лактоза);
- рафинированный молочный сахар (фармакопейная лактоза).

Молочный сахар может выпускаться в кристаллическом виде (α -моногидрата или β -формы) или в виде сиропов (кристаллизатов).

Требования к качеству лактозы за рубежом превосходят требования отечественных стандартов. По стандарту ФАО (FAO) при ООН лактоза как продукт должна соответствовать следующим требованиям. Массовая доля моногидрата лактозы не менее 99,0 %, зольность не более 0,3 %, влаги не более 0,6 %, тяжелых металлов (мг/кг, не более): свинца 2,0; мышьяка 1,0; меди 2,0; общее количество бактерий в 1 г, не более 10000; дрожжей и плесеней не более 100. Пищевая лактоза фирм *Valio* (Финляндия), *Milei* (Германия) по стандарту чистоты (США) должна содержать не менее 99,0 % лактозы, 0,4–0,5 % золы и 0,2–0,3 % белка с бактериальной обсемененностью от 1000 до 10000 клеток в 1 г, в т. ч. не более 10–100 клеток дрожжей и плесеней. Это следует учитывать при организации производства и поставок молочного сахара. Интенсивная технология молочного сахара [62, 68, 69], особенно с использованием бароэлектромембранных процессов — ультрафильтрация и электродиализ, позволяет достичь необходимых качественных показателей.

Цена молочного сахара. В маркетинге цена отражает сложные коммерческие взаимодействия производителя, конкурентов, покупателя товара. Говоря о промышленном рынке товаров производственного назначения можно отметить, что цена в большинстве случаев не является решающим мотивом, определяющим принятие положительного решения о покупке. Ценовые колебания чаще всего не оказывают значительного влияния на уровень закупки промышленного покупателя. Фирмы покупают столько, сколько им нужно — не больше, не меньше. Закупка «впрок» не практикуется, поскольку это «омертвление» оборотных средств и увеличение затрат по содержанию запаса [65].

Тем не менее, изменение цены на товар может в какой-то степени характеризовать и его положение на рынке. По данным *A. Kent Keller (RELCO Dairy & Food Process Plant Technology)*, приведенным на симпозиуме ММФ «Лактоза и ее производные» [70], начиная с 2005 года, цена на лактозу в США выросла более чем в два раза. Динамика цен, опубликованная на Интернет-сайте компании *RELCO Dairy & Food Process Plant* (рис. 17.11), показывает, что цены на лактозу по сравнению с другими сухими продуктами из сыворотки растут интенсивнее, особенно в последнее время. Это объясняется возросшим интересом к уникальному товару «молочный сахар».

Аналогичная тенденция наблюдается и на Европейском рынке. Согласно исследованиям компании *3A Business Consulting* (доклад консультанта компании г-на *Tage Affertsholt-Allen* на симпозиуме ММФ «Лактоза и ее производные», Москва, 2007 г.), в общем, цены на лактозу и в странах ЕС, и в США выросли более чем на 300 % относительно цен 2004 г. По данным Российских предприятий, использующих рафинированный молочный сахар для производства пищевых продуктов и ингредиентов, его стоимость возросла с 35–40 руб. за 1 кг в 2006 г. до 140–160 руб. на июнь 2007 г.

Продвижение и распределение товара «Молочный сахар (лактоза)». Продвижение товара отражает взаимоотношения покупателей и производителя. Поскольку потенциальных потребителей товаров производственного назначения гораздо меньше, чем покупателей потребительских товаров, необходима подробная сегментация целевых потребителей и применение различных маркетинговых мер и средств в зависимости от сегмента или даже от отдельного потребителя [65].

Несмотря на значительные расхождения в объемах рынка в разных странах (на 2005 год в Европе и США — соответственно 325 000 и 125 000 тыс. т (*3A Business Consulting*), в России — около 2 тыс. т) структура рынка потребителей лактозы примерно одинакова (рис. 17.12).

Тем не менее, эксперты компании *3A Business Consulting* отмечают, что приоритеты в использовании лактозы в европейских странах и США сильно отличаются. В ЕС самыми крупными потребителями лактозы являются пищевая и фармацевтическая промышленность (более 60 %), в США, напротив, 66 % лактозы идет на производство детских продуктов, и только 5 % лактозы используется в фармацевтической промышленности (рис. 17.13, а, б).

Сегодня довольно сложно точно оценить распределение объемов используемого молочного сахара российскими предприятиями. В какой-то степени картину может дать анализ российских патентов (рис. 17.13, в) за 2000–2007 гг. Приоритетным направлением, безусловно, является разработка фармпрепаратов, затем — молочная промышленность, в основном за счет продуктов детского питания, а затем виноводочная и хлебобулочная.

Если сопоставить сегментацию рынка молочного сахара по уровню требований к его качеству и областям использования (рис. 17.12, 17.13), то можно заметить, что пищевая и рафинированная лактоза сегодня находятся в наиболее выгодном положении, поскольку для большинства приведенных продуктов требуется высокоочищенный молочный сахар.

В последнее время начался настоящий бум спроса на лактозу со стороны кондитерской промышленности. Примерно 16 % от всей перерабатываемой лактозы используется в технологии кондитерских продуктов. Это стало следствием исследований, которые показали, что при производстве кондитерских изделий возможно использование до 30–50 % лактозы вза-

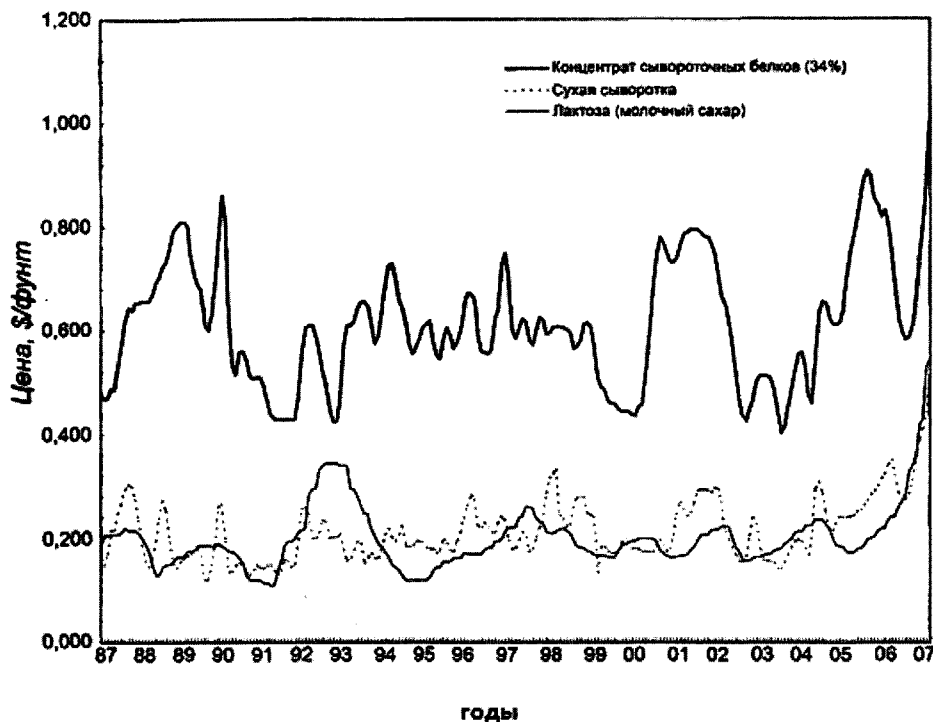


Рис. 17.11. Динамика изменения цен на молочный сахар, сухую сыворотку и концентрат сывороточных белков (приведены для сравнения)

мен сахарозы, а в джемах и мармеладах — до 10–15 %. Как и ожидалось маркетологами, этот бум подтолкнул баланс спроса и предложения в сторону спроса. Стабильным является спрос на лактозу со стороны предприятий по производству хлебобулочных изделий и мясных продуктов. Перспективной областью применения молочного сахара за рубежом становится в последнее время использование его как одного из компонентов полимерных материалов, подверженных биологическому разложению.

В настоящее время лидером по импорту лактозы является Япония (данные *3A Business Consulting*). Объем импортируемой в Японию лактозы за 2005 г. составил примерно 90 тыс. т. Затем идут Китай, Нидерланды и Мексика. Причем уровень импорта лактозы в таких странах как Китай, Нидерланды и Вьетнам по сравнению с 2002 г. вырос более чем на 150 %.

Что касается основных производителей лактозы, то в своем докладе на симпозиуме ММФ «Лактоза и ее производные» г-н *Tage Affertsholt-Allen* привел следующие цифры:

- *Fonterra* (Новая Зеландия) — 12 %;
- *Campina/DMV* (Нидерланды) — 10 %;
- *Friesland Foods Domo* (Нидерланды) — 8 %;
- *Leprino Foods* (США) — 6 %;
- *Arla Foods* (Дания) — 3 %;
- *Meggler* (Германия) — 4 %;
- *Lactalis* (Франция) — 3 %;
- *Hilmar Ingredients* (США) — 5 %;
- другие производители — 50 %.



Рис. 17.12. Сегментация рынка молочного сахара по потребителям и категориям качества

Признанным лидером производства лактозы в настоящее время является компания *Fonterra* (Новая Зеландия). *Fonterra* — девятая в списке крупнейших в мире производителей молочных продуктов. Фирма владеет 25 заводами в Новой Зеландии и еще 35 в других странах. Компания является мировым лидером в работе с молочными ингредиентами, в том числе и с лактозой.

К сожалению, в России в настоящее время молочный сахар практически не производится. В то время как производство лактозы, например, в США с 1986 г. выросло почти в шесть раз. Наша страна обладает достаточным потенциалом, и производственным, и интеллектуальным, для того чтобы производить молочный сахар высокого качества, особенно в условиях благоприятного мирового рынка.

17.9.2. Инновационные приоритеты технологий молочного сахара

Анализируя уровень спроса на молочный сахар, следует обратить особое внимание на лактозу пищевой категории качества — **лактозу пищевую** или **пищевой молочный сахар**. Это вновь было подтверждено (после симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные») на международной конференции по молочной сыворотке в Париже (сентябрь, 2008) в докладе *Prof. Dr. Gertjan Schaafsma* (Нидерланды) — «Пищевая польза лактозы и полученных из лактозы продуктов» [71].

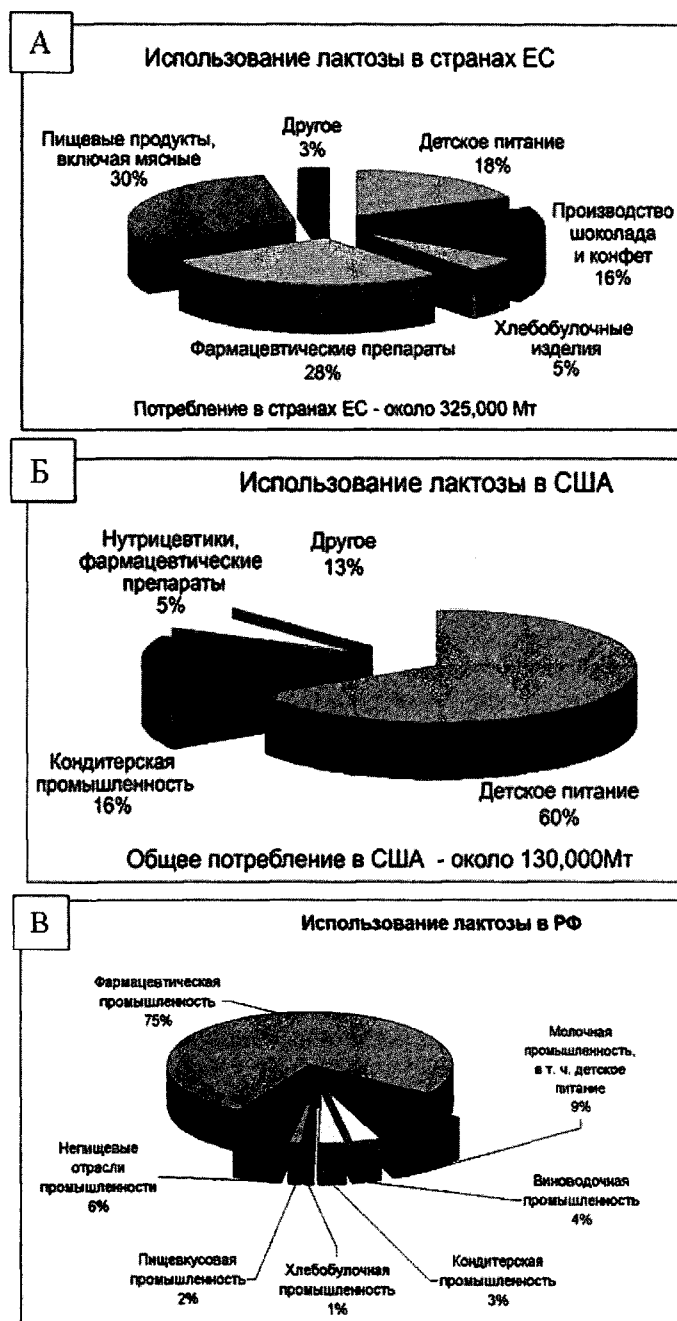


Рис. 17.13. Распределение объемов молочного сахара, перерабатываемых в различных отраслях промышленности стран ЕС (А) (3A Business Consulting), США (3A Business Consulting) (Б) и РФ (В)

При использования молочного сахара в пищевых продуктах учитывают следующее:

- энергетическая ценность лактозы и сахарозы идентична;
- лактоза менее сладка и растворима, чем другие углеводы, что позволяет использовать ее и производные лактозы в питании диабетиков;
- лактоза лучше сорбирует ароматические вещества, что позволяет повысить качество ряда продуктов и получить экономию вводимых ароматизаторов;
- лактоза не вызывает кариеса зубов.

Сахар молочный пищевой используется в производстве продуктов питания. От сахара-сырца категории улучшенный он отличается более высоким содержанием лактозы и меньшим содержанием золы. Блок-схема алгоритма процесса выработки продукта аналогична процессу выработки молочного сахара-сырца. Отличает технологию более глубокая очистка от азотистых и красящих соединений на стадии сгущения. Совершенствование технологии пищевого молочного сахара возможно за счет применения процесса молекулярно-ситового разделения компонентов молочной сыворотки ультрафильтрацией по аналогии с усовершенствованной технологией молочного сахара рафинированного [72].

Имеется шесть альтернативных вариантов технологии [73]. На этой же основе — ультрафильтрация, с введением операции по деминерализации электродиализом, получен высококачественный молочный сахар пищевой категории [74]. Технология была реализована в отрасли на Лабинском сыродельном комбинате Краснодарского края [75]. Данный способ позволил разработать технологию молочного сахара даже из соленой сыворотки [76]. Пищевой молочный сахар можно изготовить путем глубокой очистки сыворотки на ионитах (ИА-1 р+КУ-2-8+ЭДЭ10 пГ) с распылительной сушкой сиропов [77]. Продукт также имеет белый цвет и высокое качество. При этом реализован безреагентный способ коагуляции белков и исключается операция по очистке сыворотки на стадии сгущения.

Лактоза пищевая кристаллическая предназначена для использования в качестве углеводной добавки при производстве колбасных изделий, мясных консервов и других пищевых продуктов. В основу технологического процесса производства лактозы пищевой положена кристаллизация лактозы из пересыщенных растворов с тепловой обработкой и очисткой сиропа.

Лактоза пищевая распылительной сушки используется в качестве углеводной добавки при производстве пищевых продуктов, продуктов детского и диетического питания. Она характеризуется повышенным содержанием лактозы в β -форме. В качестве сырья используется молочный сахар-сырец категории улучшенный. Технологический процесс производства лактозы состоит из следующих технологических операций: растворение исходного молочного сахара; рафинирование; термостатирование; фильтрация; сушка.

Технология пищевой лактозы «ЭкоЛакт». В качестве инновационной технологии приводится наше (А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, В. В. Костина, О. А. Дудникова) ноу-хау по производству лактозы пищевой категории качества безреагентным способом [78, 79]. Эта технология позволяет реализовать комплексную переработку молочной сыворотки на основе безреагентных, экологически чистых технологических процессов с получением продуктов пищевой категории качества — лактозы пищевой, липидно-белкового казеино-альбуминового концентрата (бренд «ЛипКА», описан ранее), производных лактозы и нового поколения бифидогенных добавок на основе мелассы.

Блок-схема алгоритма технологии лактозы пищевой категории качества приведена на рис. 17.14.

Специфической операцией технологии является **безреагентная очистка молочной сыворотки** от сахаров путем совместной термокислотной коагуляции с обезжиренным молоком, обеспечивающей доведение реакции среды до изоэлектрической точки белков [80]. Именно эта операция гарантирует экологическую чистоту процесса и является первым ноу-хау технологии. Степень выделения белка при совместной коагуляции казеина и сывороточных

белков выше на 10–20 %, чем при термокислотной коагуляции и на 25–35 %, по сравнению с термокоагуляцией сывороточных белков.

Предложенный способ осуществляется следующим образом. В молочную сыворотку вносят в качестве коагулянта несахаров обезжиренное молоко в количестве, обеспечивающем доведение реакции среды до изoeлектрического состояния белкового комплекса. При этом для очистки сыворотки с низкой кислотностью в качестве коагулянта используется обезжиренное молоко с высокой кислотностью, и наоборот. Смесь сыворотки и обезжиренного молока нагревают до температуры 90–95 °C и выдерживают (25 ± 5) мин. При этом происходит совместная коагуляция комплекса несахаров молочной сыворотки, в которой роль центров коагуляции для сывороточных белков и минеральных солей коллоидной степени дисперсности играют мицеллы казеина обезжиренного молока, а также происходит удержание в структуре образующегося геля частиц казеиновой пыли и жировых шариков.

Преимущества предложенного способа заключаются в возможности очистки от несахаров любой молочной сыворотки (подсырной, творожной, казеиновой с различной кислотностью) путем внесения обезжиренного молока соответствующей кислотности. Также из технологической схемы производства молочного сахара исключается процесс сепарирования сыворотки, так как молочный жир и казеиновая пыль в процессе совместной коагуляции переходят в белковую массу, что обогащает ее состав и снижает себестоимость производства.

Скоагулированные сывороточные белки удаляют несколькими способами. Самый простой, доступный, но менее эффективный — способ отстаивания. После коагуляции белков сыворотку оставляют в покое при естественном охлаждении. Происходит постепенное укрупнение хлопьев белка и их выделение. Продолжительность отстаивания составляет не менее 3 часов. Осветленную сыворотку осторожно сливают и используют для выработки молочного сахара. Наиболее прогрессивным и эффективным считают способ центробежного выделения денатурированных белков (сепарирование). Сыворотку, после завершения процесса коагуляции белков, тщательно перемешивают и направляют на сепарирование. Сепарирование сыворотки для отделения сывороточных белков проводят на саморазгружающихся сепараторах специальной конструкции модели ОТС (глава 6 и пункт 17.3).

Освобожденную от белков молочную сыворотку (осветленную) собирают и направляют на производство молочного сахара, а белковую массу используют в производстве плавленых сыров, сырково-творожных изделий и других пищевых продуктов.

Сгущение очищенной сыворотки проводят на вакуум-выпарных аппаратах при температуре не выше 65 °C до концентрации сухих веществ в сиропе 60–65 %. Плотность полученного сиропа при температуре сгущения 65 °C составляет 1280–1300 кг/м³.

В конце сгущения температуру сиропа в вакуум-аппарате поднимают до 70–75 °C за счет повышения давления. Это обеспечивает дополнительное выделение комплекса белков и минеральных солей, а так же позволяет оптимизировать процесс кристаллизации лактозы.

Очистка сиропа (второе ноу-хау) проводится путем теплового воздействия с нормируемой выдержкой и последующего центрифугирования. Эта операция определяет суть технологии и обеспечивает уровень качества продукта.

Кристаллизация лактозы, отделение кристаллов от мелассы, сушка и размол кристаллов проводят по типовым регламентам. На выходе кристаллов из сушилки необходимо установить магнитные ловители металла.

Готовый продукт содержит не менее 97 % лактозы и минимум примесей. Он полностью отвечает пищевой категории качества и экологически безопасен. Этот же вариант реализуется при обработке ультрафильтратов [73]. В предлагаемой технологии использованы все элементы традиционных процессов и введены новации, с учетом минимизации затрат (кризисные явления в отрасли), при условии достижения желаемого результата по качеству готового продукта — пищевой лактозы.

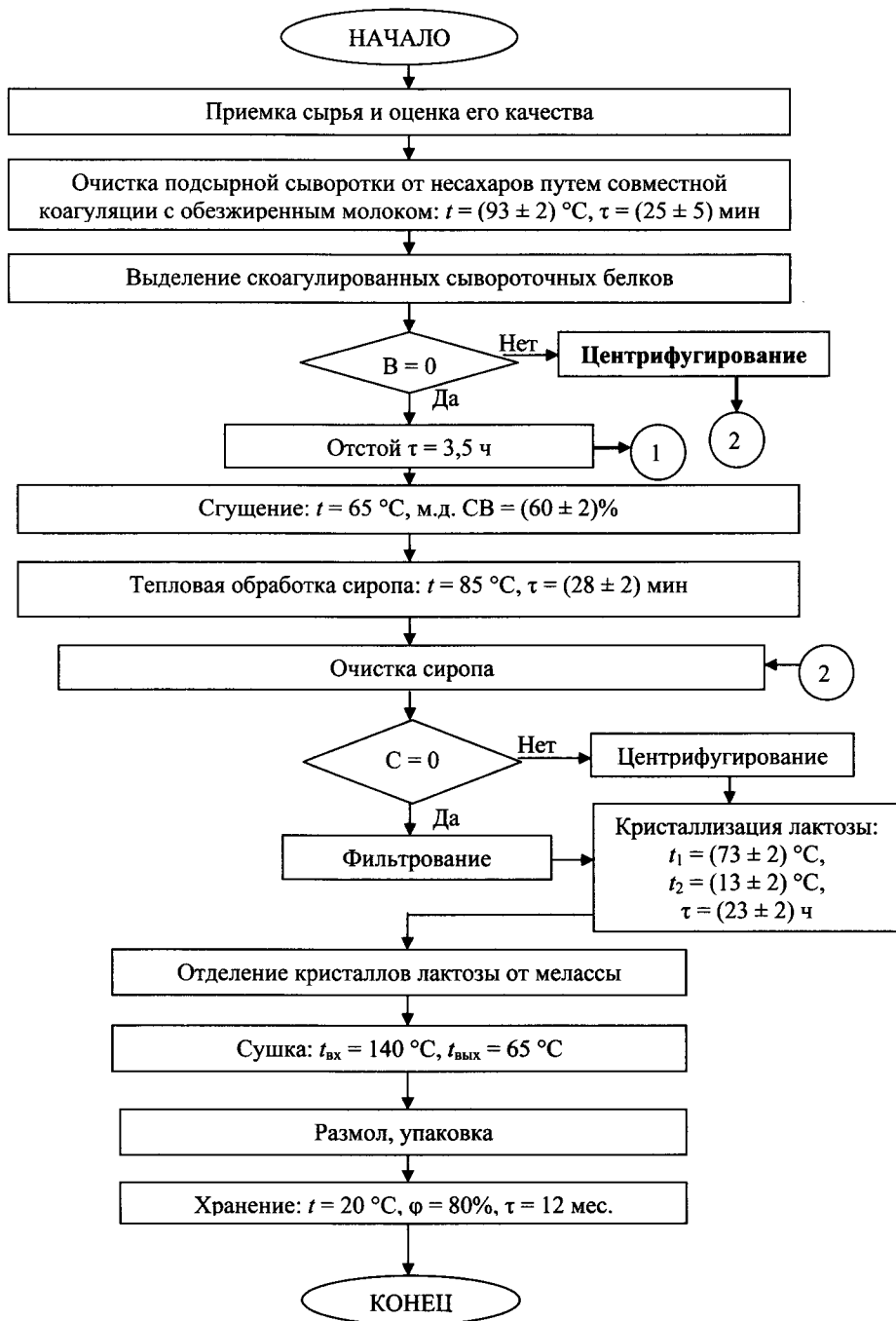


Рис.17.14. Блок-схема алгоритма «Технология лактозы пищевой категории качества»

Использование процесса «ЭкоЛакт» позволяет исключить из технологической схемы переработки сыворотки процесс ее сепарирования с целью удаления жира и казеиновой пыли. Исследования показали, что в процессе совместной коагуляции белков несепарированной сыворотки и обезжиренного молока молочный жир практически полностью переходит в белковую массу. Именно это позволило создать новый, экологически чистый, белковый концентрат «ЛипКА» с регулируемым соотношением между казеином и сывороточными белками для питания детерминированных групп населения, технология которого приведена выше (пункт 17.2) [78].

В принципе, видится безотходное производство молочного сахара [81], либо реализация предвидения Г. Г. Шилера по биомембранной технологии [82].

Несмотря на глубокую теоретическую проработку вопроса, исследования закономерностей процесса кристаллизации лактозы продолжаются по ряду направлений, в частности, применительно к технологиям сгущенных молочных консервов с сахаром [83] и концентратов лактулозы [84].

17.10. Минерализат молочной сыворотки — новый инновационный продукт

Минеральный комплекс молочной сыворотки по своей природе уникален и, безусловно, привлекает внимание исследователей в плане использования. Имеются наработки [85] и решения [86] от солей-плавителей до замены минеральных вод и даже «медицинских грязей».

На III Международной конференции Х. Клостермайер (Германия) сделал специальное сообщение под интригующим названием, — **«Минеральные вещества в сыворотке и продуктах из молочной сыворотки — просто зола или функциональная пища?»** [87]. Суть этого доклада кратко излагается ниже — для информации с мотивацией интереса к тематике для исследователей и особенно практиков.

Долгое время минеральные вещества в продуктах питания рассматривались как балластные компоненты, не имеющие пищевой и энергетической ценности. Этот подход нашел отражение в стандартизации и контроле качества пищевых продуктов, для большинства которых нормируется общее содержание минеральных веществ, обозначаемых термином «зола», без детализации элементного состава.

Развитие теорий адекватного и функционального питания позволило по-новому оценить роль основным минеральных компонентов (кальция, магния, фосфора, калия, натрия, хлоридов и др.) в питании человека и отнести их к эссенциальным нутриентам. Молочная сыворотка, для различных видов которой содержание минеральных компонентов составляет от 8 до 12 % от массовой доли сухих веществ, может рассматриваться как один из существенных ресурсов эссенциальным макро- и микроэлементами [87].

В настоящее время в молоке идентифицированы практически все эссенциальные элементы. В связи с этим, биологическая ценность сыворотки в значительной степени определяется степенью перехода отдельных минеральных веществ. Данный показатель в значительной степени зависит от типа связи рассматриваемого элемента и его взаимодействия с различными компонентами дисперсных систем молока.

Содержание простых ионов, таких как катионы натрия и калия или хлорид-анионы относительно массовой доли сухих веществ сырья повышается, так же, как и элементов, находящихся в связанном состоянии с растворимыми комплексами, например, железа и кобальта. Распределение других минералов, преимущественно связанных с казеином — кальция, маг-

ния, марганца и цинка, очень чувствительно к pH среды. Чем ниже pH среды, тем больше минералы переходят в сыворотку.

Тепловая обработка молока может приводить к денатурации специфически связывающих ионы белков и изменению типа связи. Железо и медь, связанные с относительно термостабильными транспортными белками, переходят преимущественно в сыворотку, марганец и цинк сопутствуют магнию и кальцию.

Молочная сыворотка является своего рода моделью разработки продуктов функционального питания, обогащенных минеральными веществами в физиологически доступной форме — в комплексе биологически активными веществами. В качестве примеров можно привести комплексы «железо — лактоферрин», «кобальт — цианокобаламин».

Пищевая поваренная соль традиционно используется как источник эссенциальных микро- и ультрамикроэлементов. В последние годы производители органических продуктов предлагают потребителям для кулинарных целей концентрат морской соли, однако данный продукт не достаточно сбалансирован по содержанию минеральных веществ. В то же время более сбалансированный по составу концентрат солей молочной сыворотки не приемлем к использованию в качестве специи из-за неприятного вкуса, связанного с преобладанием калиевых солей над натриевыми (соотношение около 3 : 1) [87].

Сочетание морской соли и минерализата молочной сыворотки позволяет получить продукт, сбалансированный по составу и приемлемый по органолептическим показателям. По мнению автора [87], данный продукт представляет собой «соль жизни», который следует отнести не к продуктам функционального питания, а к органической кулинарии. Оптимальный состав «соли жизни» представлен в табл. 17.20.

Таблица 17.20. Состав композиции морской соли и минерализата молочной сыворотки

Макроэлементы	Содержание, мг/л	Микроэлементы	Содержание, мг/л	Микроэлементы	Содержание, мг/л
Хлор	536	Кремний	0,107	Селен	0,00005
Натрий	456	Фтор	0,068	Медь	0,00005
Магний	56	Хром	0,001	Марганец	0,0004
Сера (SO_4^{2-})	28	Йод	0,0005	Кобальт	0,00001
Кальций	10	Железо	0,0002		
Калий	9,7	Цинк	0,00016		
Фосфор (HPO_4^{2-})	0.001	Молибден	0,00011		

Специфическим требованием при использовании минерализата для пищевых целей являются отсутствие нитратов и других контаминирующих веществ.

К перспективным направлениям использования минерализата молочной сыворотки следует отнести получение функциональных кормовых добавок для КРС и свиней, а также включение в состав производственных питательных сред для культивирования микроорганизмов, способных ассимилировать лактозу [87].

Кроме того, на конференции были представлены доклады авторов С. Холт [88] и М. Хюльман [89] по тематике, связанной с изучением физико-химических свойств ортофосфатов кальция и их извлечением из молочной сыворотки. Коллоидный фосфат кальция при нормальных значениях pH молока на уровне 6,0 входит в состав мицелл казеина, однако при подкислении может подвергаться солюбилизации. Структура частиц фосфата кальция в настоящее время достаточно хорошо изучена. Они представляют собой нанокластеры размером приблизительно

17 нм, выполняющие структурообразующую функцию в мицеллах казеина: в типичной мицелле казеина радиусом 100 нм содержится до 800 нанокластеров фосфата кальция [88, 90].

Фосфат кальция, выделяемый из молочной сыворотки приобретает все большее значение как пищевой ингредиент и БАД-нутрицевтик, имеющий ряд преимуществ по сравнению с альтернативными источниками кальция. В то же время, он не является эквивалентом фосфата кальция молока [88].

В табл. 17.21 представлено многообразие минеральных форм фосфата кальция, выделенных из различных биологических структур [88].

Таблица 17.21. Минералы, представленные в составе фосфата кальция биологического происхождения

Название	Обозначение	Формула
Брушит	<i>DCPD</i>	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Монетит	<i>DCPA</i>	CaHPO_4
Витлокит	<i>TCP</i>	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Аморфный фосфат кальция	<i>ACP</i>	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Октафосфат кальция	<i>OCP</i>	$\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$
Гидроксипатит	<i>HAP</i>	$\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$

Важно различать слабо кристаллизованные и частично кристаллизованные фосфаты кальция, т. к. только последние могут содержать большие и хорошо оформленные кристаллы. Аморфный фосфат кальция не дает четких линий дифракции, характеризующих упорядоченный кристалл, но в нем, тем не менее, может содержаться небольшое количество, около одного или более, ионов. Между аморфными и кристаллическими веществами находятся слабо кристаллизованные вещества с незначительным количеством относительно широких дифракционных линий. Частично кристаллизованные вещества имеют узкие дифракционные линии, возникающие вследствие смешивания упорядоченных кристаллов и аморфных состояний. На практике, фосфаты могут находиться в промежуточном состоянии.

Получение фосфатов кальция из молочной сыворотки. Выделение фосфатов кальция из подсырной сыворотки основано на их осаждении путем регулирования pH растворами щелочей при температуре 50 °С. Выделяемые фракции фосфатов кальция слабо кристаллизуются, размер частиц осадка составляет порядка микрометра.

На рис. 17.15 представлена принципиальная схема управления процессом выделения фосфата кальция.

Указанная схема основана на анализе производственной ситуации ($S = 1$ — насыщенный раствор, $S > 1$ — пересыщенный раствор) [88]. Согласно результатам анализа, небольшое количество пересыщенной фракции направляется на выделение или повторное растворение. Циклы повторяются до тех пор, пока добавление расчетного количества выделяемого вещества не перестанет приводить к пересыщению насыщенного раствора фосфата кальция, перенасыщающим по отношению к любому твердому веществу. Представленная схема позволяет проводить моделирование технологического процесса и оптимизацию выхода целевого продукта

Наиболее быстрое и полное осаждение фосфата кальция из подсырной сыворотки достигается при pH 8, температуре 50 °С и внесении затравочных кристаллов брушита [88, 91].

Сравнение с мицелярным фосфатом кальция. Кальциевые продукты на основе сыворотки уступают кальцию молока во многих отношениях. С точки зрения пищевой ценности, может наблюдаться затруднение всасывания кальция сыворотки, являющееся результатом действия фосфопептидов. В отношении производства, особое внимание следует уделять

контролю процесса разделения, размера частиц фазы и степени их кристалличности. Недостатком кальция сыворотки, как пищевого ингредиента является большой размер его частиц, что усложняет их диспергирование в жидких продуктах и снижает их стабильность в процессе хранения [88].

Направления совершенствования технологии фосфатов кальция молочной сыворотки. Совершенствование технологии направлено на улучшение следующих свойств фосфатов кальция выделяемых из сыворотки: более высокая растворимость, уменьшение размеров частиц и кристалличности, стабильность и однородность продукта. Совершенствование технологии основывается в первую очередь на установлении кинетических закономерностей процесса выделения фосфата кальция.

Процесс выделения из молочной сыворотки фосфатов кальция реализован за рубежом [89] в промышленных масштабах при производстве пищевой лактозы. Получение фосфатов кальция основано на их осаждении при указанных выше условиях [88] с последующим центробежным разделением системы. Преобладающей фракцией является ТСП ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Выход сухого продукта при переработке 1000 тонн подсырной сыворотки с массовой долей сухих веществ 6% и массовой долей фосфата кальция 0,6% (360 кг в пересчете на кальций) составляет 1000 кг, что приемлемо, так как речь идет о побочном продукте при производстве лактозы пищевой [89].

Принципиальная схема получения сухого фосфата кальция представлена на рис. 17.16 [89].

Следует обратить внимание, что изложенные выше исследования реализованы в линии фирмы «Вестфалия Сепаратор» (теперь *GEA*) по извлечению из молочной сыворотки фосфатов кальция и фосфолипидов [42].

Процесс DSP по удалению (получению) фосфата кальция из ультрафильтрата включает нейтрализацию раствором щелочи до pH на уровне 7,7 ед. с последующим нагреванием до 80 °C и выдержкой для образования хлопьев. Хлопья отеляются на специальной центрифуге, промываются и высушиваются. Из 1000 л ультрафильтрата получается до 24 кг сухого фосфата кальция. Необходимо подчеркнуть, что данный процесс является целесообразным как с точки зрения технологии — улучшение выхода и повышение качества молочного сахара (вынужденная операция к тепловой денатурации белков), так и для получения товарного продукта — фосфата кальция.

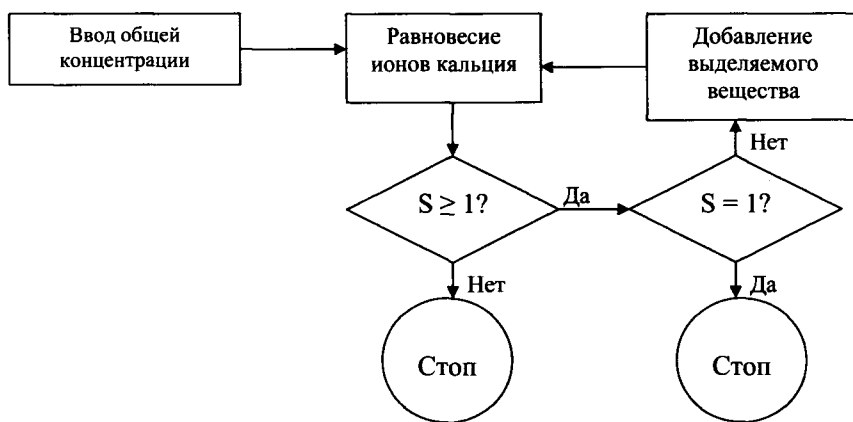


Рис. 17.15. Принципиальная схема алгоритма управления процессом выделения фосфата кальция из молочной сыворотки

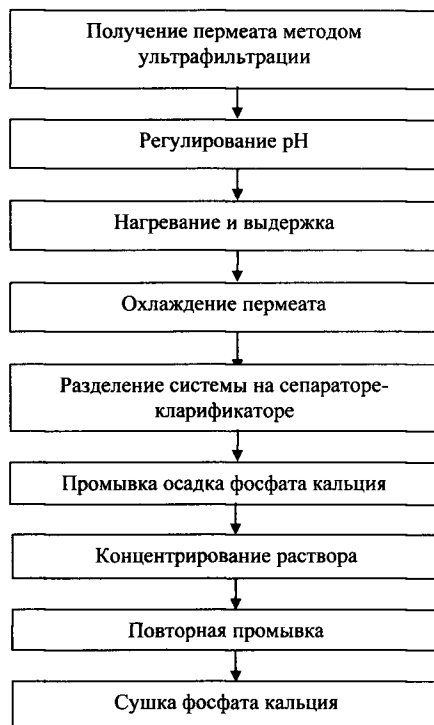


Рис. 17.16. Принципиальная схема получения сухого фосфата кальция

Процесс *DPL* по получению (удалению) фосфолипидов из молочной сыворотки, например перед ультрафильтрацией, включает комплекс операций физико-химического характера ноу-хау по выделению и удалению хлопьев их мелких жировых шариков и фрагментов липидов — мембраны и соединений. Для выделения осадка необходимы специальные осветлители.

Основными направлениями использования сухого фосфата кальция являются [89]:

- пищевые и диетические добавки;
- изотонические натуральные и ферментированные напитки;
- молочные продукты, обогащенные кальцием;
- хлебобулочные изделия.

В принципе процессы *DSP* и *DPL* являются нанотехнологическими операциями в технологии обработки молочной сыворотки и видимо станут типовыми при получении лактозы (молочного сахара). Нам видится проект федерального уровня с брендом «ЛактоМин» (соли молока), который при реализации решает два актуальных вопроса: очистка от балласта и получение нутриентов. В сочетании с проектами «ЛипКА», «ЭкоЛакт» и «БИКОДО» возможно оптимальное решение проблемы безотходной промышленной переработки молочной сыворотки с логистическим выделением всех ее основных компонентов.

Следует обратить внимание, что все вышеизложенные положения уже реализованы на практике. Например, комплекс минеральных веществ с брендом «Лактоваль» (*Lactoval**) из молочной сыворотки предлагает фирма «Союзснаб» [86], или лактатсодержащие пищевые добавки (натрия, калия, кальция) ГУ ВНИИПАКК [92].

17.11. Вода молочной сыворотки — скрытые возможности

Эксклюзивно остановимся на воде молочной сыворотки, которая естественно используется в напитках и сгущенных концентратах (остаток после выпаривания). Полученный конденсат, к сожалению, под брендом «отходы», нужно и можно использовать в системе законченного технологического цикла и даже «бессточного» производства [93]. Молочная сыворотка может так же эффективно решать проблему использования т. н. промывных вод [94].

17.12. Резюме по главе 17

Подводя итоги возможности получения многогранных компонентов из молочной сыворотки, описанным или упомянутым в настоящей главе, хотелось бы согласиться с докторами философии Э. Симардом, М. Лалоне, Э. Троттиером, Ж.-Ф. Лепоном, Ж. Боли, П. Ремо (Канада), которые на V Международной конференции по молочной сыворотке (Париж, 2008) представили доклад [95] — «Разработка инновационных технологий биологически активных веществ на основе сыворотки».

Именно в этом докладе освещены проблемы и перспективы ингредиентов молочной сыворотки, как биологически активных соединений природного происхождения. Их нужно научиться извлекать и правильно, экономически обоснованно использовать. Трудно не согласиться. Молочной отрасли нашей страны предстоит по многим позициям осмыслить сложившуюся ситуацию и принять адекватное решение: производим сами или попадаем (вольнo или невольнo) в зависимость от зарубежья?

17.13. Список литературы к главе 17

1. Чеботарев, Е. А. Научно-технические основы совершенствования процессов и технологии центробежного выделения дисперсных фаз из молочной сыворотки и ее концентратов в двухсекционных барабанах сепараторов [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.12, 05.18.04/Чеботарев Е. А. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 441 с.
2. Здитовенская, Ю. М. Отделение сырной пыли из сыворотки: целесообразность в технологических и экономических аспектах [Текст]/Ю. М. Здитовенская, К. В. Обьедков, И. Б. Фролов//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных масс и сыров: расширение ассортимента совершенствование технологий и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — С. 129–130.
3. Приболотный, А. В. Первичная обработка сыворотки, или как заработать на ней деньги [Текст]/А. В. Приболотный.//Молочная промышленность. — 2009. — № 6. — С. 52–53.
4. Липатов, Н. Н. Сепарирование в молочной промышленности [Текст]/Н. Н. Липатов. — М.: Пищевая промышленность, 1971. — 400 с.
5. Леман, Х.-Р. Процессные линии переработки сыворотки [Текст]/Х.-Р. Леман, К.-Х. Цеттир//Научно-техническая документация № 6. — «Вестфалия Сепаратор АО», 1988. — 58 с.
6. Чеботарев, Е. А. Сепарирование молочной сыворотки [Текст]/Е. А. Чеботарев//Обзорная информация, серия «Молочная промышленность», вып. 2. — М.: АгроНИИТЭИП, 1995. — 33 с.
7. De Boer, R. Processing of whey by means of membranes and one application of whey protein concentrate [Text]/R. De Boer, J. N. De Wit, J. Niddink//J. Soc. Dairy Technol. — 1977. — № 2 (30). — P. 112–120.
8. Кожев, Новые способы обработки сыворотки для пищевых целей [Текст]/А. П. Кожев, А. С. Волков//Молочная промышленность. — 1971. — № 8. — С. 41–44.
9. Kalous, Z. Odlučování sýrového prachu ze syrovátky [Text]/Z. Kalous, J. Novak//Prům. potravin. — 1986. — № 5 (37). — P. 260–261.
10. Molkeentstaubung mit Vibrations — Taumelsibmaschinen [Text]/Ernährungsindustrie. — 1985. — № 4. — P. 23.
11. Чеботарев, Е. А. Продукты сепарирования маложирного молочного сырья и пути их использования [Текст]/Е. А. Чеботарев, С. А. Санжаровский//Тезисы докладов IV Международного симпозиума «Экология человека, пищевые технологии и продукты», Ч. 2. — М.: РАТН, 1995. — С. 77–88.
12. Вышемирский, Ф. А. Использование подсырных сливок в маслодельной промышленности [Текст]/Ф. А. Вышемирский, С. В. Василисин, Т. Т. Бирик//Обзорная информация. — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1977. — 24 с.
13. Бирик, Т. Т. Рациональные направления промышленной переработки жира молочной сыворотки: Белково-жировые продукты [Текст]/Т. Т. Бирик//Экспресс-информация: Маслодельная и сыродельная промышленность, № 2. — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1980. — С. 8–11.
14. Василисин, С. В. Жиринокислотный состав жира подсырной и творожной сыворотки [Текст]/С. В. Василисин, Т. Т. Бирик, Ф. А. Вышемирский и др.//Тезисы докладов краевой научно-технической конференции «Комплексная промышленная переработка молока». — Ставрополь, 1977. — С. 92–93.
15. Бирик, Т. Т. Использование подсырных сливок для производства масла [Текст]/Т. Т. Бирик, С. В. Василисин, А. М. Королева, Ф. А. Вышемирский//Молочная промышленность. — 1978. — № 5. — С. 6–8.
16. Бирик, Т. Т. Особенности переработки подсырных сливок [Текст]/Т. Т. Бирик, Ф. А. Вышемирский, С. В. Василисин//Труды ВНИИМС НПО «Углич», вып. XXII «Совершенствование производства и улучшение качества масла». — Углич: ВНИИМС, 1978. — С. 90–93.
17. Бирик, Т. Т. Влияние режимов хранения на качество подсырных сливок [Текст]/Т. Т. Бирик, С. В. Василисин, А. М. Королева//Труды ВНИИМС, вып. XXVIII «Совершенствование технологии, методов контроля и оборудования для производства сливочного масла». — Углич: ВНИИМС, 1979. — С. 65–68.
18. Диланян, З. Х. Использование подсырных сливок в сыроделии [Текст]/З. Х. Диланян//Молочная и мясная промышленность. — 1991. — № 2. — С. 19–20.

19. Оноприйко, А. В. Использование отходов сырной массы для производства сыров [Текст]/А. В. Оноприйко, С. А. Волкова, И. О. Шишкова//Тезисы докладов научно-технической конференции «Эффективность безотходной технологии в молочной промышленности», ч. I. — Ставрополь, 1983. — С. 61–62.
20. Оноприйко, А. В. Сырная пыль и ее образование [Текст]/А. В. Оноприйко, В. А. Оноприйко//Материалы ХХІХ научно-технической конференции по результатам НИР ППС, аспирантов и студентов за 1998 год, т. 2. — Ставрополь: СтГТУ, 1999. — С. 48.
21. Rub, F. *Stofftrennung Bauarten und Einsetzbeispiele von Zentrifugen* [Text]/F. Rub//*Ernährungswirtschaft Lebensmitteltechnik*. — 1976. — N 8. — 444 p.
22. Чеботарев, Е. А. Основные неполадки и пути совершенствования конструкций молочных сепараторов [Текст]/Е. А. Чеботарев, А. Т. Борисов//Деп. в АгроНИИТЭИММП 07.07.93. — № 798-мм 93. — 6 с.
23. Трухачев, В. И. Концентраты белков молока: выделение и применение [Текст]/В. И. Трухачев, В. В. Молочников, Т. А. Орлова, Р. И. Раманаускас. — Ставрополь: АГРУС, 2009. — 152 с.
24. Василисин, С. В. Повышение эффективности традиционных и разработка новых методов коагуляции белков молочной сыворотки [Текст]/С. В. Василисин, Е. А. Чеботарев//Тезисы докладов научно-практической конференции «Современные технологии пищевых продуктов нового поколения и их реализация на предприятиях АПК». — Углич: ВНИИМС, 2000. — С. 73–75.
25. Храмцов, А. Г. Саморазгружающийся сепаратор для очистки молочной сыворотки от белковых веществ [Текст]/А. Г. Храмцов, Г. Е. Еремин, Ю. А. Ремизов и др.//Труды ВНИИМС, вып. УІІІ «Новое в технологии сыроделия». — Углич: ВНИИМС, 1972. — С. 266–270.
26. Новиков, О. П. Специальный сепаратор с пульсирующей выгрузкой осадка для очистки молочной сыворотки от белковых веществ [Текст]/О. П. Новиков, А. Г. Храмцов, Д. М. Калугин и др.//Молочная промышленность. — 1972. — № 7. — С. 12–14.
27. Соколов, В. И. Модернизация сепаратора для выделения белка из сыворотки [Текст]/В. И. Соколов, Ю. Д. Головкин, В. Г. Жуков и др.//Молочная промышленность. — 1981. — № 11. — С. 8–10.
28. Волкова, Т. А. Альбуминовая масса и пасты на ее основе [Текст]/Т. А. Волкова, Э. Ф. Кравченко//Переработка молока. — 2008. — № 8. — С. 38–39.
29. Свириденко, Ю. Я. Новый функциональный продукт для профилактики остеопороза [Текст]/Ю. Я. Свириденко, И. А. Шергина, Г. М. Свириденко и др.//Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 2. — С. 41–42.
30. Мироненко, И. М. «ВОССИЯНА» — альбумино-сливочная паста из молочной сыворотки [Текст]/И. М. Мироненко, Н. И. Бондаренко, К. В. Жидких и др.//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 16–17.
31. Зябрев, А. Ф. Производство сухого концентрата сывороточных белков [Текст]/А. Ф. Зябрев//Переработка молока. — 2008. — № 8. — С. 40–42.
32. Суянов, О. А. Разработка ресурсосберегающих технологий мягких сыров и других продуктов из коровьего и козьего молока [Текст]/дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Суянов О. А. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2006. — 330 с.
33. Лафишев, А. Ф. Разработка технологии белково-жирового продукта на основе цельного молока и неспариванной подсырной сыворотки: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Лафишев А. Ф. — Ставрополь, 2003. — 140 с.
34. Клепкер, В. М. Разработка технологии творожных изделий с бифидогенной активностью: Автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.04/Клепкер Владимир Маркович. — Ставрополь, 2005.
35. Бабенюшев, С. П. Научно-технические аспекты совершенствования процесса баромембранного разделения жидких высокомолекулярных полидисперсных систем [Текст]/дис... д-ра техн. наук: 05.18.12/Бабенюшев С. П. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 307 с.
36. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе комплексной переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Дис... д-р. техн. наук: 05.18.04/Гаврилов Г. Б. — Ярославль, 2006. — 433 с.
37. Bastian, E. *Bioactivity of peptides derived from whey proteins* [Text]/E. Bastian, L. Ward//*Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001*. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 373–387.
38. McCarron, D. A. *Diet and blood pressure — the paradigm shift* [Text]/D. A. McCarron//*Science*. — 1998. — N 281. — P. 933–934.

39. Pihlanto-Lepälä, A. *Bioactive peptides derived from bovine whey proteins: opioid and ACE-inhibitory peptides* [Text]/A. Pihlanto-Lepälä//Trends Food Sci. Technol. — 2001. — N 11. — P. 347–356.
40. Соболева, С. В. Лактоглобулины направленного действия: микробиологические аспекты разработки и клинического применения препаратов [Текст]/С. В. Соболева//Автореферат дис. ... д-ра мед. наук. — Ростов-на-Дону, 1991.
41. Крючкова, В. В. Биопластики «Лактимос» [Текст]/В. В. Крючкова, В. Ю. Конторева//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 66.
42. Храпцов, А. Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 5. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки [Текст]/А. Г. Храпцов, С. В. Васильсин. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 576 с.
43. Тихомирова, Н. А. Научные и практические основы получения из молочного сырья биологически активного вещества ангиогенина [Текст]/Дис.... д-р. техн. наук: 05.18.04/Тихомирова Н. А. — М.: Московский государственный университет прикладной биотехнологии, 2000. — 320 с.
44. Тихомирова, Н. А. Научные и практические основы получения из молочного сырья биологически активного вещества ангиогенина [Текст]/Н. А. Тихомирова. — М.: Пищевая промышленность, 1999. — 137 с.
45. Тихомирова, Н. А. Технология продуктов функционального питания [Текст]/Н. А. Тихомирова. — М.: ООО «Франгера», 2002. — 213 с.
46. Комолова, Г. С. Ангиогенин молока — активная основа лечебных средств [Текст]/Г. С. Комолова, Н. А. Тихомирова, О. И. Андреев//Молочная промышленность. — 2007. — № 2. — С. 56–57.
47. Рогов, И. А. Биотехнологический скрининг низкомолекулярных биологически активных белков молока препарата «Милканг» [Текст]/И. А. Рогов, Е. И. Титов, Н. А. Тихомирова//Сборник материалов научных чтений с международным участием, посвященных 100-летию со дня рождения профессора П. Ф. Дьяченко. — М.: МГУПБ, 2006. — С. 41–42.
48. Бейкер, Е. Н. Лактоферрин: свойства и применение [Текст]/Е. Н. Бейкер, Х. М. Бейкер, Н. Кун, Р. Д. Кидл//Молочная промышленность. — 2006. — № 2. — С. 38–39.
49. Тамура, И. Производство лактоферрина [Текст]/И. Тамура//Молочная промышленность. — 2006. — № 2. — С. 39–40.
50. Plate, K. *Recovery of bovine lactoferrin by ion exchange membrane adsorption* [Text]/K. Plate, W. Demmer, H. Buchholz et al.//Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 103–107.
51. Ильина, А. М. Композиционный препарат «Лактопероксидаза-лактоферрин-иммуноглобулины» [Текст]/А. М. Ильина, Г. С. Комолова//Молочная промышленность. — 2009. — № 6. — С. 70.
52. Ильина, А. М. Антимикробные свойства комплексного препарата «ЛП-ЛФ-ИГ G» из коровьего молока [Текст]/А. М. Ильина//Сборник тезисов X Всероссийского конгресса диетологов и нутрициологов. — М., 2008.
53. Зобкова, З. С. О бифидогенных свойствах лактоферрина [Текст]/З. С. Зобкова, А. В. Мишина, А. В. Бегунова//Молочная промышленность. — 2008. — № 7. — С. 64–65.
54. Kawasaki, Y. *Inhibition by lactoferrin and κ -casein glycomacropeptide of binding of cholera toxin to its receptor* [Text]/Y. Kawasaki, H. Isoda, M. Tanimoto et al.//Biosci. Biotech. Biochem. — 1992. — N 56. — P. 195–198.
55. Suido, S. *Recovery of L-carnitine from whey by chromatography* [Text]/S. Suido, H. Ohtomo, S. Cudo//The Wonders of Whey ... Catch the Power. Proceedings of the 4th International Whey Conference, Chicago, USA, 2005. — Chicago: American Dairy Products Institute, 2006. — P. 235–254.
56. Odo, S. L. *Carnitine as sports nutrition* [Text]/S. Odo//New Food Ind. — 2005. — N 47. — P. 13–21.
57. Steijns, J. *Whey proteins and functional food ingredients* [Text]/J. Steijns//Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 323–334.
58. Parodi, P. W. *Cow's milk folate-binding protein: its role in folate nutrition* [Text]/P. W. Parodi//The Australian journal of dairy technology. — 1997. — N 52. — P. 109–118.
59. Jorgensen, A. S. *Osteopontin, multifunctional whey protein* [Text]/A. S. Jorgensen//Proceedings of the 5th International Whey Conference. — Paris, France, 2008. — P. 39.
60. Зобкова, З. С. О роли антибактериальных факторов в повышении стойкости молока [Текст]/З. С. Зобкова, А. В. Мишина, В. В. Смолянинов, Г. В. Шехватова//Молочная промышленность. — 2007. — № 8. — С. 37.

61. Laplaize, B. *Sialyloligosaccharides for infant food* [Текст]/B. Laplaize//*The Wonders of Whey ...Catch the Power. Proceedings of the 4th International Whey Conference, Chicago, USA, 2005.* — Chicago: American Dairy Products Institute, 2006. — P. 418–428.
62. Синельников, Б.М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б.М. Синельников, А.Г. Храпцов, И.А. Евдокимов и др. — С-Пб.: Профессия, 2007. — 768 с.
63. Тезисы докладов Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» [Текст]/Под ред. И.А. Евдокимова. — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — 402 с.
64. Affertshot-Allen, T. *Market developments and industry challenges for lactose and lactose derivatives* [Текст]/T. Affertshot-Allen//Тезисы докладов Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 4.
65. Юлдашева, О.У. Промышленный маркетинг: теория и практика [Текст]/О.У. Юлдашева. — СПб.: СПбГУЭФ, 1999.
66. Куликова, И.К. Маркетинг молочного сахара как промышленного товара [Текст]/И.К. Куликова, А.Г. Храпцов, И.А. Евдокимов, Л.Р. Алиева//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 4–6.
67. Храпцов, А.Г. Интенсивная технология молочного сахара [Текст]/А.Г. Храпцов, И.А. Евдокимов — М.: ДеЛиПринт, 2004. — 277 с.
68. Евдокимов, И.А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов И.А. — Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1998. — 204 с.
69. Храпцов, А.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. Учебное пособие [Текст]/А.Г. Храпцов, П.Г. Нестеренко — М.: ДеЛи принт, 2004. — 587 с.
70. Kent Keller, A. *Practical considerations for profitable production of lactose and permeate products* [Текст]/A. Kent Keller, R. Chemminian//Тезисы докладов Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 18.
71. Schaafsma, G. *Nutritional benefits of lactose and lactose-derived products* [Текст]/G. Schaafsma//*Proceedings of the 5th International Whey Conference.* — Paris, France, 2008. — P. 31.
72. Рохмистров, В.В. Очистка растворов лактозы и совершенствование технологии рафинированного молочного сахара [Текст]/Дис.... канд. техн. наук: 05.18.04/Рохмистров В.В. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1984. — 142 с.
73. Костина, В.В. Технология молочного сахара из ультрафильтрата подсырной сыворотки [Текст]/Дис.... канд. техн. наук: 05.18.04/Костина В.В. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1994. — 138 с.
74. Бетров, О.И. Интенсификация технологии молочного сахара [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Бетров О.И. — Вологда: Вологодский молочный институт, 1990. — 134 с.
75. Дыкало, Н.Я. Переработка молочной сыворотки с применением мембранных методов разделения [Текст]/Н.Я. Дыкало, Э.Ф. Кравченко, А.В. Копаныхин и др.//Обзорная информация. Серия «Молочная промышленность». — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1984. — 41 с.
76. Пермяков, А.В. Разработка технологии молочного сахара из соленой сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Пермяков А.В. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 127 с.
77. Кравченко, Э.Ф. Исследование процессов очистки подсырной сыворотки для получения молочного сахара способом распылительной сушки [Текст]/Дис.... канд. техн. наук: 05.18.04/Кравченко Э.Ф. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1973.
78. Костина, В.В. Комплексная переработка молочной сыворотки в цехах лактозы при производстве экологически безопасных пищевых продуктов по процессу «Эколакт» [Текст]/В.В. Костина, Н.М. Панова, Д.Н. Лодыгин и др.//Материалы научно-практической конференции «Технологические аспекты переработки сельскохозяйственного сырья при производстве экологически безопасных пищевых продуктов общего и специального назначения». — Углич: 2002. — С. 232–233.
79. Храпцов, А.Г. Технология экологически чистой пищевой лактозы [Текст]/А.Г. Храпцов, И.А. Евдокимов, В.В. Костина и др.//Сборник материалов Второй международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». — Краснообск: 2002. — С. 156.

80. Храпцов, А. Г. Способ производства молочного сахара [Текст]/А. Г. Храпцов, И. А. Евдокимов, В. В. Костина, А. А. Храпцов, А. В. Павлов//Патент РФ 2170767 С 21 00. — Оpubл. 20.07.2001.
81. Храпцов, А. Г. Безотходное производство молочного сахара [Текст]/А. Г. Храпцов, Д. А. Дубиков, П. Г. Нестеренко, О. А. Суянчев//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 8–10.
82. Шилер, Г. Г. О выборе перспективных путей переработки молочной сыворотки [Текст]/Сб. научных трудов «Достижения в области науки и технологии переработки молочной сыворотки». — Углич, изд. ВНИИМС, 1983. — С. 3–9.
83. Гнездилова, А. И. Развитие научных основ кристаллизации лактозы и сахарозы в многокомпонентных водных растворах [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Гнездилова Анна Ивановна. — Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 2000. — 321 с.
84. Фисенко, Д. М. Совершенствование технологии концентрата лактулозы с применением принципов ХАССП [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Фисенко Д. М. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 173 с.
85. Храпцов А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дисс.... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храпцов А. А. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
86. Соловьева, Е. Комплекс минеральных веществ: «Лактоваль» [Текст]/Е. Соловьева, В. Карагодина//Молочная промышленность. — 2005. — № 5. — С. 46.
87. Klostermeyer, H. Minerals in whey and whey products — merely ash or functional food too? [Text]/H. Klostermeyer//Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 167–181.
88. Holt, C. Physico-chemical properties of calcium orthophosphates from milk and whey [Text]/C. Holt//Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 183–190.
89. H Ilman, M. Decalcium phosphatation Process — Removal and Recovery of Calcium phosphate and other Minerals from whey permeate [Text]/M. H Ilman//Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich, Germany, 2001. — Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co, 2001. — P. 119–130.
90. Holt, C. A core-shell model of calcium phosphate nanoclusters derived from sedimentation equilibrium and small angle X-ray and neutron scattering measurements [Text]/C. Holt, P. A. Timmins, N. Errington et. al.//European Journal of biochemistry. — 1998. — N 252. — P. 73–78.
91. Pouliot, Y. Induction de la precipitation phosphocalcique dans le permeate lactosum de fromagerie [Text]/Y. Pouliot, J. Landry, J. Giasson//Lait. — 1991. — N 71. — P. 313–320.
92. Евелева, В. В. Использование лактатсодержащих пищевых добавок [Текст]/В. В. Евелева//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 40–41.
93. Валялина, С. А. Отходы молочных предприятий [Текст]/С. А. Валялина//Переработка молока. — 2009. — № 4. — С. 44–45.
94. Валялина, С. А. Оптимальные режимы соосаждения белков из смеси первых смывных вод и молочной сыворотки [Текст]/С. А. Валялина//Молочная промышленность. — 2007. — № 4. — С. 79.
95. Simard, E. Developing whey-based innovative bioactive ingredients [Text]/E. Simard, M. Lalonde, E. Trotter et. al.//Proceedings of the 5th International Whey Conference. — Paris, France, 2008. — P. 15.

Глава 18

Продукты на основе производных компонентов молочной сыворотки

18.1. Общие положения

Ассортимент продуктов на основе производных компонентов молочной сыворотки достаточно разнообразен и постоянно пополняется. В принципе, в соответствии с иерархией получаемых основных компонентов, логически должны быть производные липидов, белков и лактозы [1]. Практически в настоящее время, видимо, реально рассматривать производные лактозы и сывороточных белков. Именно в этом плане, с учетом новой информации, изложенной в разделе II, ниже приводится технология гидролизатов лактозы и сывороточных белков, изомеры и некоторые биопроизводные лактозы.

18.2. Гидролизаты лактозы

Проблема направленного и управляемого гидролиза лактозы реализована в конкретных продуктах — глюкозо-галактозных сиропах [2, 3, 4] и сухих концентратах [5, 6]. Результаты исследований, выполненных во Всероссийском НИИ маслоделия и сыроделия под руководством д-ра техн. наук, члена-корр. РАСХН Ю. Я. Свириденко, использованы при разработке технологии линейки концентратов молочной сыворотки с гидролизованной лактозой [7, 8]:

- сыворотка гидролизованная сгущенная (СГС);
- сыворотка гидролизованная сгущенная нейтрализованная (СГСН);
- сыворотка гидролизованная сгущенная деминерализованная (СГСД);

- сироп гидролизованной лактозы (СГЛ);
- глюкозо-галактозный сироп «Глюколакт».

Принципиальная технологическая схема получения концентратов с гидролизованной лактозой представлена на рис. 18.1. Состав и физико-химические показатели продуктов с гидролизованной лактозой приведены в табл. 18.1 и 18.2 [8, 9].



Рис. 18.1. Принципиальная технологическая схема получения концентратов с гидролизованной лактозой

Таблица 18.1. Состав и физико-химические показатели СГС

Наименование показателя	Значение для продукта		
	СГС из сладкой сыворотки	СГС из смеси сладкой и соленой сыворотки	СГС из соленой сыворотки
Массовая доля сухих веществ, %	60,2–61,0	60,0–60,8	60,5–61,3
Степень гидролиза лактозы, %	58,0–67,0	56,0–65,0	59,0–67,0
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	46,8–49,2	43,4–45,7	40,3–41,5
в том числе глюкозы, %	13,6–16,5	12,2–14,8	11,9–13,9
галактозы, %	13,6–16,5	12,2–14,8	11,9–13,9
лактозы, %	16,2–19,6	16,1–19,0	13,7–16,5
Массовая доля NaCl, %	2,5–3,3	6,9–7,6	10,5–11,2
Титруемая кислотность, °Т	240–250	230–240	230–240

Таблица 18.2. Состав и физико-химические показатели продуктов с гидролизованной лактозой

Наименование показателя	Значение для продукта			
	СГСН	СГСД	СГЛ	«Глюколакт»
Массовая доля сухих веществ, %	60–62	60–62	60–62	60–62
Степень гидролиза лактозы, %	50–60	55–65	70–80	65–70
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	44–47	47–50	54–57	56–59
в том числе глюкозы, %	11–14	13–16	19–23	18–21
галактозы, %	11–14	13–16	19–23	18–21
лактозы, %	16–19	18–21	11–15	17–23
Титруемая кислотность, °Т	300	220	300	40

Примечание. В табл. 18.1 и 18.2 приведены расчетные значения массовых долей галактозы и лактозы в продуктах.

В нашем творческом коллективе А. Д. Лодыгин и А. Г. Варданиян разработали технологию получения глюкозо-галактозных концентратов из ультрафильтрата молочной сыворотки [10, 11].

18.2.1. Исследование состава и показателей качества опытных образцов концентратов гидролизованной лактозы

По результатам исследований, представленных в главе 13 (раздел 13.2) с целью уточнения параметров технологического процесса были проведены экспериментальные выработки глюкозо-галактозного концентрата с массовой долей сухих веществ 60 % и сухого концентрата. Органолептическая характеристика концентратов представлена в табл. 18.3 [10].

Таблица 18.3. Органолептические показатели глюкозо-галактозных концентратов

Наименование показателя	Характеристика показателя для продукта	
	Сгущенного	Сухого
Внешний вид и консистенция	Внешний вид — однородный, консистенция — характерная для сгущенных продуктов	Сухой мелкораспыленный порошок. Допускается незначительное количество комочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии
Вкус и запах	Сладкий, чистый, без посторонних привкусов и запахов	
Цвет	От светло-желтого до светло-кремового	От светло-кремового до светло-коричневого

Физико-химические показатели исследуемых концентратов представлены в табл. 18.4 [10].

Таблица 18.4. Физико-химические показатели глюкозо-галактозных концентратов

Наименование показателя	Значение показателя для продукта	
	Сгущенного	Сухого
Массовая доля влаги, % не более	40,0	5,0
Массовая доля углеводов, %, не менее	45,0	72,0
в том числе: глюкозы	12,0	19,5
галактозы	19,5	31,0
лактозы	13,5	21,5
Массовая доля золы, %, не более	1,0	1,5
Массовая доля белка, %, не более	2,7	4,3

Аминокислотный состав сгущенного глюкозо-галактозного концентрата приведен в табл. 18.5 [10].

Таблица 18.5. Результаты исследования аминокислотного состава глюкозо-галактозных концентратов

Аминокислоты	Массовая доля, г/кг
Аспарагиновая кислота	1,81
Треонин	1,25
Серин	1,15
Глутаминовая кислота	4,89
Глицин	0,84
Аланин	1,93
Валин	0,80
Метионин	0,54
Изолейцин	0,80
Лейцин	2,84
Тирозин	0,58
Фенилаланин	0,88
Гистидин	1,14
Лизин	2,35
Аргинин	0,64

Углеводный состав образцов глюкозо-галактозного концентрата исследован методом газо-жидкостной хроматографии (рис. 18.2) [10]. Анализ полученных данных показывает, что при выбранных технологических параметрах процесса гидролиза лактозы степень гидролиза составляет не менее 70 %. Более высокая концентрация галактозы по сравнению с глюкозой объясняется ее инверсией в процессе гидролиза под действием фермента β -галактозидазы. Данный процесс является положительным с точки зрения хранимостепособности готового продукта, так как галактоза является менее реакционноспособным углеводом. Ее высокие концентрации в продукте снижают вероятность ухудшения его органолептических показателей в процессе хранения в результате протекания реакций не ферментативного потемнения, меланоидинообразования.

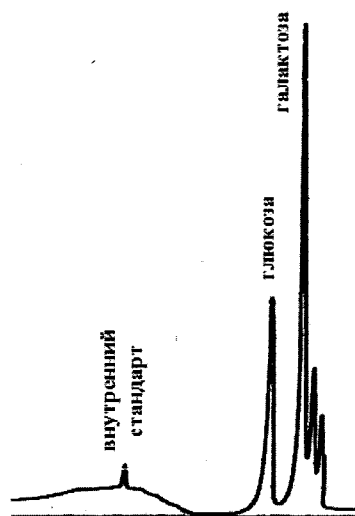


Рис. 18.2. Хроматограмма углеводного состава образца глюкозо-галактозного концентрата: галактоза — 51,4 %, глюкоза — 22,6 %, другие сахара — 26,0 %

18.2.2. Влияние степени гидролиза на показатели качества и хранимоспособность концентрата

Влияние степени гидролиза на кристаллообразование лактозы. Для оценки влияния степени гидролиза лактозы на образование кристаллов не прореагировавшей лактозы, как одного из важнейших показателей, снижающих качество глюкозо-галактозных сиропов и концентратов, проводили исследования образцов, выработанных в ходе экспериментальных выработок. Для проведения исследований использовали три образца сыворотки с заданной степенью гидролиза. Концентрацию продуктов гидролиза устанавливали на требуемом уровне путем регулирования параметров процесса (температуры и продолжительности термостатирования). В процессе хранения через каждые 15 сут. производили отбор и определяли массы образовавшихся кристаллов (табл. 18.6) [10].

Таблица 18.6. Зависимость массы образовавшихся кристаллов от продолжительности хранения для образцов концентратов с различной степенью гидролиза лактозы

Продолжительность хранения, сутки	Степень гидролиза, %	Масса кристаллов, выделившихся при центрифугировании, г
15	50 ± 2	1,98
	70 ± 2	0,65
	90 ± 2	0,34
30	50 ± 2	3,22
	70 ± 2	1,03
	90 ± 2	0,57
45	50 ± 2	4,13
	70 ± 2	1,55
	90 ± 2	0,78
60	50 ± 2	4,76
	70 ± 2	1,96
	90 ± 2	0,86
75	50 ± 2	5,18
	70 ± 2	2,23
	90 ± 2	0,89
90	50 ± 2	5,34
	70 ± 2	2,32
	90 ± 2	0,91

По данным таблицы была рассчитана степень выделения кристаллов по формуле [10]:

$$S_k = (M_k / M_{\text{обр}}) \cdot 100\% \quad (18.1)$$

где M_k — масса кристаллов, выделившихся при центрифугировании, г;

$M_{\text{обр}} = 50$ г — масса образца, взятого для анализа.

По результатам расчетов построены графики (рис. 18.3) [10], иллюстрирующие динамику образования кристаллов лактозы в процессе хранения образцов глюкозо-галактозного концентрата с различной степенью гидролиза лактозы.

Анализ графических зависимостей показывает, что с ростом степени гидролиза снижается вероятность кристаллообразования в процессе длительного хранения глюкозо-галактозного концентрата. Наиболее интенсивное образование кристаллов лактозы наблюдается впервые 30–45 сут. хранения.

Исходя из полученных данных, признано целесообразным вырабатывать концентраты со степенью гидролиза не менее 70 %. При производстве концентратов, не предназначенных для длительного хранения (не более 30 сут.), признано допустимым устанавливать степень

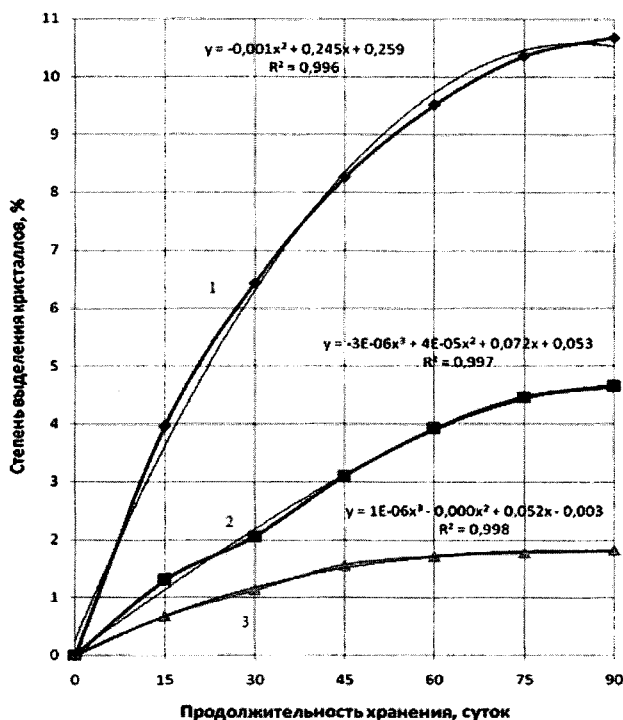


Рис. 18.3. Динамика образования кристаллов в образцах глюкозо-галактозного концентрата со степенью гидролиза лактозы: 1 — 50%, 2 — 70%, 3 — 90%

гидролиза на уровне 70–75%. При хранении готового продукта в течение 1 мес. и более следует проводить более глубокий гидролиз лактозы (до степени гидролиза 85–90%), что позволит избежать массового образования кристаллов лактозы.

Влияние степени гидролиза на показатели хранимостепоспособности глюкозо-галактозных концентратов. Для оценки влияния степени гидролиза на хранимостепоспособность глюкозо-галактозных концентратов были исследованы осмотическое давление и активность воды опытных образцов. Данные показатели характеризуют стойкость сгущенных концентратов к микробиологической порче в процессе хранения.

Для проведения эксперимента использовали образцы глюкозо-галактозных концентратов с массовой долей сухих веществ $30 \pm 1\%$ и степенью гидролиза 50, 70 и 90%. Для определения осмотического давления и активности исследуемых образцов проводили измерение точки замерзания (табл. 18.7) [10].

Таблица 18.7. Значения точки замерзания образцов глюкозо-галактозного концентрата

№ образца	Степень гидролиза лактозы, %	Температура замерзания, °C
Контроль	—	–3,385
1	50 ± 2	–4,950
2	70 ± 2	–5,275
3	90 ± 2	–5,563

Осмотическое давление π , МПа рассчитывали по температуре замерзания концентратов по формуле:

$$\pi = \Delta T_3 \cdot 1,220, \quad (18.2)$$

где: ΔT_3 — среднее значение определений температуры замерзания исследуемого образца.

При известном значении осмотического давления активность воды (a_w) может быть выражена из формулы:

$$\pi = (R \cdot T / V_1) \cdot \ln a_w, \quad (18.3)$$

где: R — универсальная газовая постоянная ($8,314 \cdot 10^3$ Дж/моль·К),

T — абсолютная температура, К,

V_1 — молярный объем растворителя ($22,4 \cdot 10^{-3}$ моль/м³).

По результатам расчетов были построены диаграммы (рис. 18.4, 18. 5) [10], отражающие влияние степени гидролиза на изменение осмотического давления и активности воды концентратов с гидролизованной лактозой по сравнению с контрольным образцом — концентратом на основе пермеата подсырной сыворотки с аналогичной массовой долей сухих веществ, но не подвергнутого обработке препаратом лактазы.

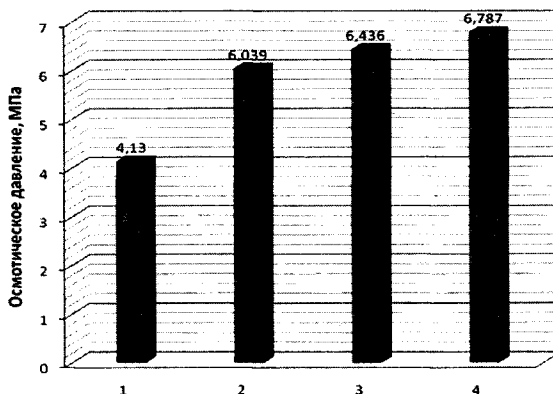


Рис. 18.4. Влияние степени гидролиза на осмотическое давление концентратов: 1 — контроль (без гидролиза лактозы), 2, 3, 4 — образцы со степенью гидролиза соответственно 50, 70 и 90 %.

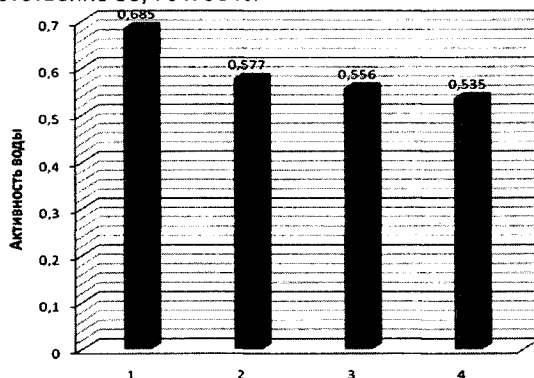


Рис. 18.5. Влияние степени гидролиза на активность воды концентратов: 1 — контроль (без гидролиза лактозы), 2, 3, 4 — образцы со степенью гидролиза соответственно 50, 70 и 90 %.

Анализ полученных данных показывает, что с ростом степени гидролиза снижается вероятность микробиологической порчи концентратов. При степени гидролиза 50 % достигаются значения активности воды, не благоприятные для развития бактерий и дрожжей, а при степени гидролиза выше 70 % также осмофильных дрожжей и мицелиальных грибов.

18.2.3. Разработка технологии концентратов на основе молочной сыворотки с гидролизованной лактозой

По результатам экспериментальных исследований [10, 12] были установлены оптимальные параметры процесса гидролиза лактозы в ультрафильтрате подсырной сыворотки: максимальная степень гидролиза достигается при температуре 48,5–54,0 °С, а время выдержки составляет 3–3,5 ч. В случае соблюдения данных режимов степень гидролиза достигает 85–90 %.

Технологический процесс производства глюкозо-галактозного сиропа и сухого глюкозо-галактозного концентрата из пермеата подсырной сыворотки включает следующие операции [13]:

- сбор подсырной сыворотки, оценка качества;
- отделение жира и казеиновой пыли;
- пастеризация, охлаждение и резервирование обезжиренной сыворотки;
- ультрафильтрация обезжиренной сыворотки;
- сбор белкового концентрата и пермеата;
- деминерализация пермеата подсырной сыворотки;
- ферментативный гидролиз;
- сгущение гидролизата;
- сушка (при производстве сухого концентрата);
- расфасовка и упаковка.

Сбор молочной сыворотки осуществляется в резервуар для промежуточного хранения непосредственно из сыродельных ванн. Из резервуара сыворотка подается на саморазгружающийся сепаратор для отделения жира и казеиновой пыли. Процесс проводится при температуре $(38,0 \pm 2,0)$ °С. При использовании готового продукта в пищевых целях, очищенная сыворотка поступает на пастеризационно-охладительную установку, где пастеризуется при температуре $(73,5 \pm 1,5)$ °С с выдержкой 15 с. Сыворотку охлаждают до температуры $(8,0 \pm 2,0)$ °С. Допускается хранение охлажденной сыворотки не более 24 ч.

Ультрафильтрация с использованием мембранных модулей с полимерными мембранами проводится при температуре 45–50 °С и давлении 5 атм. Деминерализация осуществляется на электродиализных установках при температуре 18–20 °С. Контроль процесса осуществляют по конечному значению уровня деминерализации, которое должно составлять не менее 70 %.

Гидролиз лактозы проводят в емкости из нержавеющей стали, оснащенной рубашкой и мешалкой, путем внесения необходимого количества препарата фермента β-галактозидазы. В нагретый до 50 °С пермеат вносят фермент в количестве 1,5 дм³ на 1000 кг пермеата.

Подготовку вакуум-выпарного аппарата к работе и поддержание необходимых режимов сгущения осуществляют в соответствии с инструкцией по эксплуатации данного типа аппарата, обеспечивая максимальную испарительную способность. Сушка осуществляется на сушильной установке распылительного типа. При сушке необходимо соблюдать следующие температурные режимы:

- температура воздуха на входе в сушильную башню (175 ± 5) °С;
- температура воздуха на выходе из сушильной башни (85 ± 5) °С.

Подготовка сушильной установки к работе, ее пуск и эксплуатация производится в соответствии с требованиями технических паспортов. Сгущенный продукт разливается в алю-

миниевые фляги, а сухой упаковывается в многослойные непропитанные мешки по ГОСТ 2226–88 с полиэтиленовыми мешками-вкладышами по ГОСТ 10354–82, массой нетто $(25 \pm 0,2)$ кг.

18.2.4. Определение рисков и критических контрольных точек с использованием принципов ХАССП

Система ХАССП для производства концентрата молочной сыворотки для продуктов функционального питания предусматривает разработку на предприятии системы обеспечения безопасности и управления качеством с учетом специфики, характерной для предприятий молочной промышленности. Использование принципов ХАССП позволяет выявить возможные опасные факторы, возникающие при производстве концентрата, разработать предупреждающие действия и определить критические точки, требующие жесткого контроля [14]. Анализ опасных факторов производства глюкозо-галактозного сиропа сгущенного и сухого представлен в табл. 18.8 [10].

Для установления корректирующих действий по возможным отклонениям в системе ХАССП для каждой критической контрольной точки разрабатываются конкретные корректирующие действия для исправления отклонений в случае их возникновения. Необходимы два вида корректирующих действий: немедленное действие — наладка процесса для восстановления контроля, распоряжение затронутой продукцией; предупреждающее действие — ответственность за корректирующее действие, регистрация корректирующих действий. Отклонения и распоряжения продукцией должны быть документированы в системе ХАССП.

Таблица 18.8. Анализ критических контрольных точек технологии глюкозо-галактозных концентратов

Этап	Режим	Последствия не соблюдения режимов
Пастеризация	70–72 °С	Пастеризация концентрата сывороточных белков проводится для удаления контаминирующей микрофлоры и осуществляется при щадящих режимах, во избежание денатурации белка (порог тепловой денатурации сывороточных белков 70–72 °С).
Ультрафильтрация	50–55 °С	Уменьшение температуры приводит к снижению эффективности ультрафильтрации, а увеличение температуры может вызвать денатурацию сывороточных белков и разрушение мембраны.
Ферментативный гидролиз лактозы	50–55 °С	При низких температурах кинетика гидролиза снижается, а при повышении температуры происходит инактивация фермента.
Инактивация ферментных препаратов	70–72 °С	Температура обусловлена порогом тепловой денатурации ферментного препарата, при высокой температуре — лишние энергозатраты.
Сгущение	55–65 °С	При низких температурах снижается эффективность, а при высоких образуется пригар и происходит изменение углеводов.

Окончание табл. 18.8

Этап	Режим	Последствия не соблюдения режимов
Сушка	На входе в сушильную камеру 170–180 °С; на выходе 80–90 °С;	Не соблюдение режимов может привести к потере массы, высокой влажности, подгоранию. При высоких температурах возможно возгорание концентрата.
Расфасовка и упаковка	Соответствие ТУ	Осуществляется исходящий контроль качества готового продукта. Этот этап является заключительным в производственном контроле жизненного цикла продукта.
Хранение	Влажность 75 % при температуре не выше 30 °С	При несоблюдении условий хранения происходит слеживание продукта.

Проверочные процедуры проводятся с целью выяснения, выполняется ли план ХАССП. Проверка ХАССП состоит из 4 видов действий: подтверждение ХАССП (получение доказательств того, что элементы плана эффективны); анализ результатов мониторинга (должен проводиться ежедневно оператором, менеджерами или бригадами, после чего на записях ставятся инициалы проверяющего и дата); испытания продукции (анализ сырья, перерабатываемой и готовой продукции); проведение аудитов (аудиты могут быть внутренними — проводимые работниками проверяемой организации и внешними — проводимые сторонними проверяющими).

18.2.5. Маркетинг и экономическая эффективность производства глюкозо-галактозных концентратов

Из множества показателей маркетинговой оценки продукта наибольший интерес представляют две основные группы. Во-первых, оценка рынка продукта и всех его составляющих: начиная от емкости и кончая особенностями позиционирования на нем товаров и услуг. Во-вторых, оценка «природы» продукта, его маркетинговой первоосновы. С этой целью проводится анализ товара (услуги) на основе метода: «дифференцирование — анализ составляющих — интегрирование — анализ в комплексе», учитывая при этом базис предметной области — маркетинга, основой которого является рассмотрение товара, как комплекса для удовлетворения определенной человеческой потребности [15].

На спрос рассматриваемого продукта в значительной мере могут повлиять не только его полезные свойства, но и потребительские качества: органолептические показатели, привлекательный внешний вид, удобство упаковки, ассортиментный состав. Основное назначение гидролизатов — удовлетворение потребности в молочных продуктах людей, испытывающих физиологические недомогания при их приеме в обычном виде из-за intolerance к лактозе [16, 17].

Сыворотка с гидролизованной лактозой используется также для частичной замены обезжиренного молока в производстве молочных десертов, таких как мороженое (уменьшает дефекты кристаллизации лактозы в консистенции и уменьшает точку замерзания, что придает мягкость и нежность продукту) [18]. Концентрированная гидролизованная сыворотка также может быть использована в качестве корма, а в кондитерском производстве в качестве усилителя вкуса и увлажнителя. Другие потенциальные пути использования продуктов с гидролизованной лактозой представляют в качестве усилителя вкуса, цвета и в качестве антиоксиданта с помощью реакции Майяра; в качестве сырья для производства многих ферментов

микробного происхождения; в качестве частичного или полного замещения сахарозы для придания вкуса молочным напиткам [19].

Сиропы и концентраты с гидролизованной лактозой представляют большой интерес для различных отраслей пищевой промышленности, поскольку повышают питательную ценность продуктов, улучшают их технологические свойства. Мороженое, полученное с использованием сывороточного сиропа с гидролизованной лактозой, отличается улучшенным вкусом и более низкой стоимостью по сравнению с мороженым, выработанным по обычной рецептуре [3, 20].

При производстве карамели установлена целесообразность использования сиропов с гидролизованной лактозой взамен патоки. Сиропы гидролизованной лактозы очень эффективно могут быть использованы в производстве хлебобулочных изделий. Доказано, что добавление сиропа интенсифицирует процесс созревания теста и улучшает органолептические показатели хлеба по сравнению с использованием сахара и патоки [21, 22].

Сиропы с гидролизованной лактозой можно использовать в бродильных производствах при выработке пива, вина, а также различных безалкогольных напитков, лекарственных дрожжей. Помимо перечисленных направлений имеются данные об использовании глюкозо-галактозных сиропов и концентратов молочной сыворотки с гидролизованной лактозой при производстве мясопродуктов, консервированных фруктов, искусственного меда [16]. Приведенные примеры свидетельствуют о высоких функциональных свойствах и широких возможностях использования гидролизатов лактозы.

Проведена оценка экономической эффективности внедрения разработанных технологий на базе цехов сгущения и сушки молочной сыворотки. Расчет производится на годовой объем производства глюкозо-галактозного сиропа 920 тонн и сухого глюкозо-галактозного концентрата 368 тонн при двухсменном режиме работы в течение 240 суток в году [10]. Основные показатели экономической эффективности производства глюкозо-галактозных концентратов представлены в табл. 18.9.

Таблица 18.9. Показатели экономической эффективности производства глюкозо-галактозных концентратов

Показатели	Единица измерения	Глюкозо-галактозный сироп	Сухой глюкозо-галактозный концентрат
Годовой объем производства	т	920	368
Полная себестоимость 1 т продукции	руб	6340	18163
В том числе:	руб	1759	4408
сырье и основные материалы			
заработная плата	руб	894	2810
энергоносители	руб	3021	8806
Прибыль от реализации 1 т продукции	руб	1260	2340
Рентабельность производства	%	19,9	12,9
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	2,32	4,17

Новое направление по сбраживанию углеводов в молочном сырье с гидролизованной лактозой для получения этанола предложено ОАО ХК «СДС-Алко» и КемТИПП [23]. Максимальное содержание алкоголя — 6% достигается при сбраживании подсгушенной в 3–4 раза сыворотки (содержание моно- и дисахаров 13,5%) с внесением от 0,4 до 1,1 % дрожжевой закваски в течение 24 ч.

18.3. Гидролизаты сывороточных белков

Гидролиз белков молока вообще, казеина и сывороточных белков в частности, достаточно широко исследован [7, 24, 25, 26, 27, 28, 29] и реализован в коммерческих продуктах [8, 30, 31, 32, 33, 34]. В моей картотеке образцов продукции из молочной сыворотки имеется оригинальный сухой концентрат гидролизата сывороточных белков из Швейцарии с брендом «СанБол», который после растворения имеет вкус грибного бульона и рекомендуется для укрепления здоровья с сохранением работоспособности. Раздается бесплатно учителям и безработным! Опять молочная сыворотка (ее компонент) претендует на феномен.

18.3.1. Технология гидролизатов термически осаждаемых сывороточных белков

В системном виде проблему изучали во ВНИИМС [7, 8, 9]. Результаты исследований дают основание сформировать линейку продуктов с гидролизованной сывороточными белками: концентрат ферментативно модифицированных сывороточных белков (КФМБС), лактопептон сухой для бактериологических целей, гидролизат сывороточных белков молока (ГСБМ) для питательных сред тканевых культур, гидролизат сывороточных белков молока лечебно-профилактического назначения «Амилакт».

Характеристика продуктов с гидролизованной сывороточными белками представлена в табл. 18.10.

Таблица 18.10. Состав и физико-химические показатели ферментативных гидролизатов термически осаждаемых белков молочной сыворотки

Наименование показателя	Значение для продукта			
	КФМБС	Лактопептон	ГСБМ	«Амилакт»
Массовая доля влаги, %, не более	5	9	6	6
Степень гидролиза белков, %	5–8	30–40	60–65	60–65
Массовая доля азотистых веществ, %	65	68	80	80
в том числе полипептидов, %	58	7	—	—
пептидов, %	5	31	31	35
аминокислот, %	2	30	49	45
Массовая доля лактозы, %, не более	25	15	10	10

Принципиальная схема получения ферментативных гидролизатов сывороточных белков представлена на рис. 18.6.

Концентрат ферментативно модифицированных сывороточных белков получают из термически осаждаемых белков подсырной сыворотки (альбуминной массы) с массовой долей сухих веществ 20 %. Проведение управляемого гидролиза сывороточных белков специально подобранными протеазами позволяет улучшить функционально-технологические характеристики белковой массы: достичь однородной консистенции, снизить вязкость белковой суспензии и обеспечить возможность высушивания распылительным способом. Сухой КМФСБ рекомендован к использованию в качестве заменителя сухого обезжиренного молока при производстве плавленых сыров и сливочного масла [9].

Лактопептон бактериологический сухой оптимизирован по составу продуктов гидролиза белков (полипептиды, пептиды, аминокислоты) с учетом метаболических потребностей микроорганизмов. Особенностью технологии лактопептона по сравнению со способом получения КМФСБ является дополнительная коагуляция нерасщепленных протеазами сывороточных белков и их отделение от гидролизата. Лактопептон широко используется в качестве источника азотного питания в рецептурах производственных питательных сред при получении вакцин и стандартных тест-культур, а также сред для определения бактерий группы кишечной палочки [9].

Гидролизат сывороточных белков молока характеризуется высоким уровнем протеолиза (степень гидролиза не менее 60 %). По аналогии с лактопептоном его очищают от нерастворимого белкового остатка. ГСБМ используется в составе питательных сред для культивирования клеток животных, вирусов и тканевых культур в качестве заменителя гидролизата лактальбумина [9].

Технология ГСБМ была усовершенствована при разработке способа получения концентрата «Амилакт». Его особенностью является очистка белкового гидролизата от небелковых веществ — лактозы и минеральных солей. «Амилакт» использован при разработке продуктов лечебно-профилактического назначения для людей, страдающих ишемической болезнью сердца, гепатитом, гипертонией, сахарным диабетом, дисбактериозом [9].

18.3.2. Технология ферментативных гидролизатов молочных белков и специализированных продуктов на их основе

В. И. Круглик (КемТИПП) проведены системные исследования по установлению закономерностей гидролиза комплекса молочных белков и сывороточных белков (в частности) под действием протеолитических препаратов «Панкреатин», «Флавоэнзим», двухферментных систем, а также процессов фракционирования и очистки гидролизатов молочных белков от балластных веществ методами мембранной фильтрации и адсорбционной хроматографии [24, 33]. Оптимизированные параметры процессов использованы при разработке технологии линейки ферментативных гидролизатов молочных белков (ФГМБ).

В зависимости от функционального назначения предложены частные технологии четырех видов гидролизатов [33]:

- ФГМБ-1 — для продуктов энтерального питания (полуэлементных смесей);
- ФГМБ-2 — для гипоаллергенных продуктов лечебно-профилактической направленности;
- ФГМБ-3 — для гипоаллергенных продуктов лечебного назначения;
- ФГМБ-4 — для питания больных фенилкетонурией.

Принципиальная схема получения ферментативных гидролизатов молочных белков с регулируемым составом и свойствами представлена на рис. 18.7 [33]. Особенности технологии отдельных видов ферментативных гидролизатов молочных белков отражены в табл. 18.11 [33].

Таблица 18. 11. Последовательность технологических операций при производстве ФГМБ требуемого состава

Вид продукта	Последовательность технологических операций
ФГМБ-1	ФГ — УФ — НФ — ВВ — С
ФГМБ-2	ФГ — СУФ — НФ — ВВ — С
ФГМБ-3	УФ — ФГ — СУФ — ОО — ВВ — С
ФГМБ-4	ФГ — СУФ — НФ — ОО — ВВ — АХр — ОО — ВВ — С

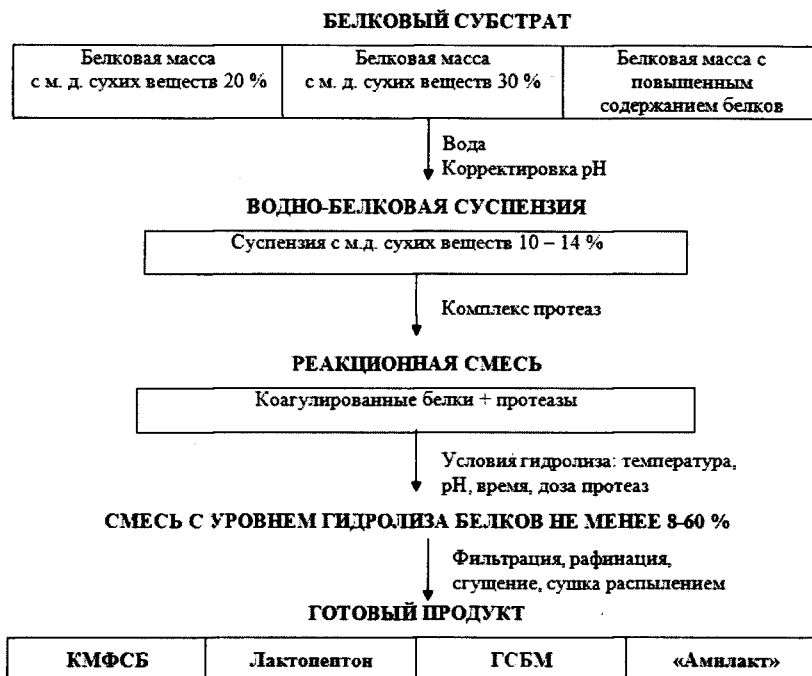


Рис. 18.6. Принципиальная технологическая схема получения ферментативных гидролизатов термически осаждаемых сывороточных белков



Рис. 18.7. Принципиальная технологическая схема получения сухих ФГМБ с регулируемым составом и свойствами

Разработаны технологии специализированных продуктов, обогащенных ферментативными гидролизатами сывороточных белков с оригинальными брендами «Нутрилак», «Нутриэн» и «Нутриген» [33]. Продукт «Нутрилак пепти-СЦТ» предназначен для вскармливания детей первого года жизни с тяжелыми и средней тяжести проявлениями пищевой непереносимости и нарушениями функции органов пищеварения (мальабсорбция пищевых веществ). Продукт «Нутрилак ГА» рекомендован для вскармливания здоровых детей первого года жизни, входящих в группу риска по развитию пищевой аллергии и непереносимости белков коровьего молока.

Продукт «Нутриэн элементарь» используется для энтерального перорального или зондового питания взрослых больных с нарушенной функцией пищеварения. Продукт «Нутриэн-фтизио» предназначен для лечебного питания (перорально или через зонд) больных туберкулезом легких. Продукт «Нутриэн-форт» разработан для питания онкологических больных, в том числе, в пред- и послеоперационном периоде, а также в ходе проведения лучевой и химиотерапии.

Продукты «Нутриген-ФКУ 13, 15, 20» на основе ФГМБ, очищенного от фенилаланина методом промышленной адсорбционной хроматографии, предназначены для питания детей различного возраста, больных фенилкетонурией. Продукты линии «Нутриген-ФКУ 30, 40, 70» представляют собой белково-углеводные, обогащенные комплексом микронутриентов добавки к питанию больных фенилкетонурией (детей разного возраста и взрослых).

18.3.3. Технология гидролизатов молочных белков специального назначения с пониженным содержанием фенилаланина

В научной школе профессора Л. А. Остроумова, в рамках решения проблемы создания продуктов функционального питания для людей, страдающих фенилкетонурией, профессором А. Ю. Просековым с учениками проводятся систематические исследования по получению гидролизатов казеина [31] и сывороточных белков [32] с регулируемым аминокислотным составом.

На основе результатов исследований закономерностей направленного ферментативного гидролиза сывороточных белков энзимотрической системой «химотрипсин — карбоксипептидаза А — лейцинаминопептидаза» [32, 35] предложен способ получения полуфабриката специального назначения с пониженным содержанием фенилаланина. Принципиальная схема получения полуфабриката специального назначения рассмотрена в главе 13 (рис. 13.40). Особенностью технологии по сравнению с аналогами является глубокая очистка ферментативного гидролизата сывороточных белков от фенилаланина с использованием специально подобранных марок активированных углей — БАУ, АГ-ОВ-1, АГ-З (табл. 18.12) [32, 36].

Таблица 18.12. Аминокислотный состав полуфабриката специального назначения (г/100 г белка)

Аминокислоты	До адсорбции	После адсорбции
Незаменимые, в т. ч.	35,2	21,92
Валин	4,2	4,1
Изолейцин	4,8	4,6
Лейцин	9,0	8,8
Лизин	4,8	0,02
Метионин	2,1	0,05
Треонин	4,5	4,3

Окончание табл. 18.12

Аминокислоты	До адсорбции	После адсорбции
Триптофан	1,1	0,02
Фенилаланин	4,7	0,03
Заменяемые, в т.ч.	56,1	45,87
Алапин	2,8	2,6
Аргинин	1,9	0,05
Аспарагиновая кислота	7,8	7,8
Гистидин	1,8	1,7
Глицин	1,7	1,5
Глутаминовая кислота	19,0	17,0
Пролин	10,2	10,0
Серин	4,9	4,8
Тирозин	5,5	0,02
Цистеин	0,5	0,4
Всего	91,3	67,79

Характеристика полуфабриката специального назначения приведена в табл. 18.13 [32].

Таблица 18. 13. Органолептические и физико-химические показатели полуфабриката специального назначения

Наименование показателя	Характеристика или норма
Внешний вид и консистенция	Мелкий сухой порошок, состоящий из отдельных и агломерированных частиц сухого продукта. Допускается незначительное количество комочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии
Цвет	Серый
Запах и вкус	Молочный, со специфическим вкусом
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	94
Массовая доля фенилаланина, г/100 г белка, не более	0,05

Полуфабрикат предназначен для использования в составе продуктов функционального питания для больных фенилкетонурией (детей до 3 лет, детей старше 3 лет и взрослых).

18.3.4. Перспективные технологии пребиотических концентратов с регулируемым аминокислотным и углеводным составом

В нашем творческом коллективе докторантом А. Д. Лодыгиным сформулирована концепция получения пребиотических (бифидогенных) концентратов с регулируемым углеводным, аминокислотным и минеральным составом [37]. Одним из основополагающих принципов данной концепции является достижение синергетического действия бифидогенных факторов за счет совмещения в технологии концентратов на основе вторичного молочного сырья процессов направленной физико-химической и/или ферментативной трансформации лактозы и белков молочного сырья [38, 39].

Применительно к молочной сыворотке можно выделить две группы продуктов с регулируемым углеводным и аминокислотным составом:

- бифидогенные концентраты с лактулозой, обогащенные гидролизатами сывороточных белков;
- концентраты молочной сыворотки с регулируемым уровнем гидролиза лактозы и протеолиза.

Применение процесса гидролиза сывороточных белков в технологии бифидогенных концентратов с лактулозой обусловлено возможностью оптимизации их состава по источникам азотного питания, доступным для бифидобактерий. Управляемое обогащение бифидогенных концентратов гидролизатами сывороточных белков в настоящее время реализуется по двум направлениям [40, 41, 42]:

- оптимизация параметров процесса изомеризации лактозы в лактулозу по механизму *L-A* трансформации (температура, pH, продолжительность процесса, метод регулирования pH) с целью достижения заданного уровня щелочного гидролиза сывороточных белков;
- создание композиций на основе молочной сыворотки с лактозой, частично изомеризованной в лактулозу, и энзиматических гидролизатов сывороточных белков, выделяемых методом ультрафильтрации.

Для получения гидролизатов сывороточных белков возможно использование натуральной несоленой подсырной сыворотки. Также благоприятной средой для проведения гидролиза сывороточных белков являются нетрадиционные виды молочного белково-углеводного сырья, а именно концентрат, полученный методом ультрафильтрации подсырной сыворотки. Гидролиз сывороточных белков может быть осуществлен химическим (под действием минеральных кислот и щелочей при повышенных температурах) и ферментативным (с использованием препаратов протеолитических ферментов) способами.

Применительно к рассматриваемой тематике наибольший интерес вызывает ферментативный гидролиз. Ферменты обладают высокой специфичностью, их подбором можно локализовать каталитическое действие на определенных участках химических связей в субстрате. В гидролизованной протеолитическими ферментами молочной сыворотке содержится весь набор аминокислот, заметно увеличивается их содержание в сравнении с исходной сывороткой, особенно лейцина и глутаминовой кислоты появляются оксиаминокислоты (серин и треонин), двухосновные (гистидин, аргинин), а также ароматические и серосодержащие аминокислоты.

При получении сиропов и концентратов лактулозы наиболее распространенным методом трансформации лактозы является ее щелочная изомеризация. Технологические параметры изомеризации лактозы в лактулозу в молочном белково-углеводном сырье (температура 70–90 °С, pH 10,0–11,0) способствуют протеканию химического гидролиза сывороточных белков, что способствует увеличению «внешней» бифидогенности получаемых концентратов [40].

Таким образом, представляется возможным совмещение процессов изомеризации лактозы в лактулозу и гидролиза сывороточных белков при использовании в качестве исходного сырья подсырной сыворотки. Данный процесс может быть реализован в технологии стуженных и сухих бифидогенных концентратов для детского и диетического питания. Значительный интерес представляет возможность регулирования пищевой и биологической ценности бифидогенных концентратов за счет обогащения ферментативными гидролизатами сывороточных белков.

Наиболее выраженные изменения белкового комплекса молочной сыворотки наблюдаются при проведении изомеризации лактозы в лактулозу методом электрохимической активации (табл. 18.14) [40]. Снижение общего азота в процессе электроактивации объясняется частичным удалением белковых веществ, вследствие явления электрофлотации.

Таблица 18.14. Влияние процесса изомеризации лактозы в лактулозу методом электрохимической активации на фракционный состав азотистых веществ молочной сыворотки

Вид сыворотки	Азот, %		
	Общий	Белковый	Небелковый
Подсырная:			
до изомеризации	0,127±0,014	0,084±0,009	0,043±0,005
после изомеризации	0,125±0,010	0,073±0,006	0,052±0,004
Творожная			
до изомеризации	0,141±0,018	0,086±0,011	0,055±0,007
после изомеризации	0,132±0,021	0,056±0,009	0,076±0,012

Особенностью способа получения ферментативных гидролизатов сывороточных белков, разработанного в нашем творческом коллективе, является использование процесса электрохимической активации с целью регулирования pH субстрата — жидкого концентрата сывороточных белков, снижения энергии активации процесса ферментативного катализа, повышения выхода продуктов протеолиза и сокращения расхода ферментного препарата. Результаты исследований, представленные в главе 13 [29], послужили основой разработки технологии гидролизатов сывороточных белков ГСБ-ЭХА-УФ.

Жидкий (с массовой долей сухих веществ не менее 20%) и сухой (массовая доля влаги не более 10%) гидролизаты сывороточных белков могут быть использованы как полуфабрикаты в составе творога и творожных изделий, мясопродуктов, питательных сред при получении бактериальных препаратов и производственных заквасок бифидобактерий. Другим направлением является включение гидролизатов сывороточных белков в состав пребиотических концентратов с лактулозой или гидролизованной лактозой.

Получение концентратов на основе молочной сыворотки, содержащих гидролизаты лактозы и сывороточных белков, оправдано по технологическим соображениям [43]: обеспечивается комплексная переработка пермеата и ультраконцентрата молочной сыворотки; процесс электроактивации предусмотрен, как при проведении гидролиза лактозы, так и ферментативного протеолиза; введение белков в растворимой форме упрощает процесс распылительной сушки концентратов на основе пермеата молочной сыворотки. С другой стороны создание композиций гидролизатов лактозы и сывороточных белков открывает новые возможности в получении продуктов с повышенной биологической ценностью и заданными физиологически функциональными свойствами.

Наиболее полное представление о технологических процессах получения гидролизатов сывороточных белков и пребиотических концентратов с их использованием дает разработанная А. Д. Лодыгиным принципиальная схема (рис. 18. 8) [44].

Реализация альтернативных вариантов данной схемы позволяет получить новые виды пребиотических концентратов с регулируемым углеводным и аминокислотным составом, примерный перечень которых приведен в табл. 18.15 [44].

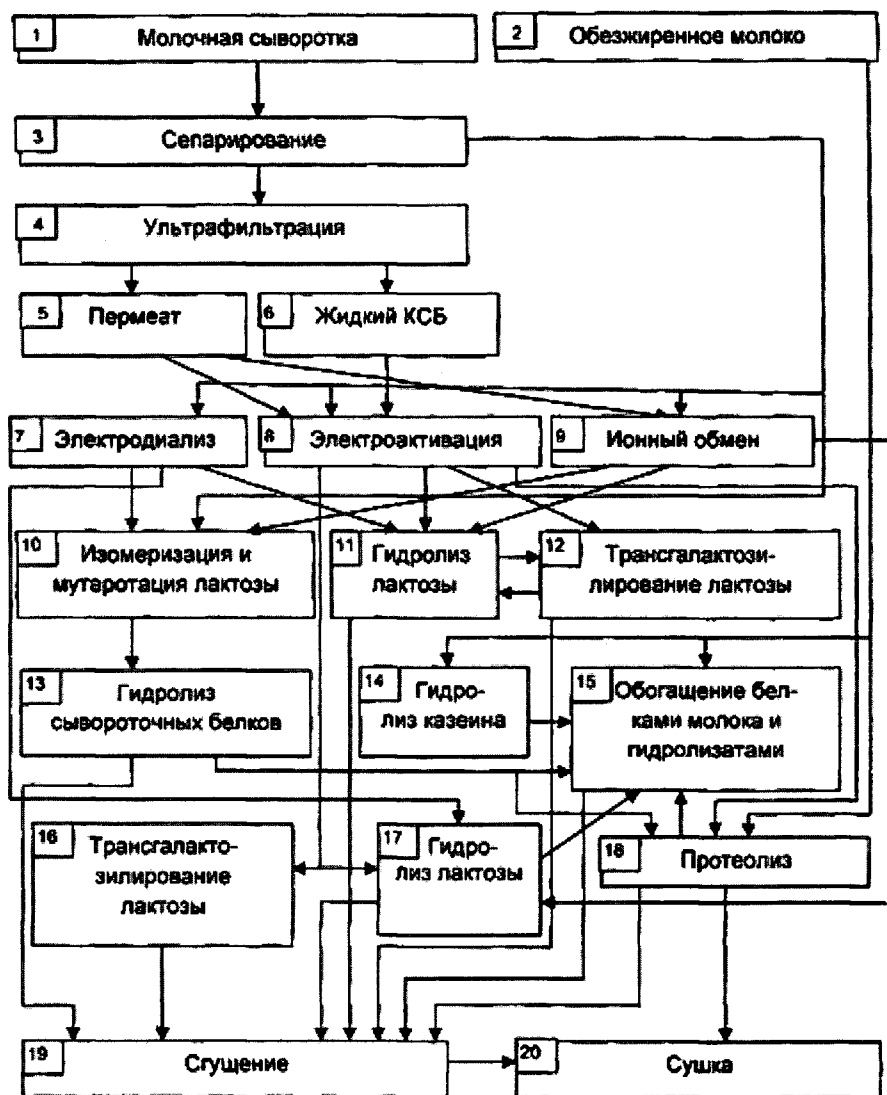


Рис. 18.8. Принципиальная схема получения пребиотических концентратов с регулируемым углеводным, аминокислотным и минеральным составом

Таблица 18.15. Номенклатура пребиотических концентратов с использованием гидролизатов сывороточных белков

Группа концентратов	Последовательность технологических операций (в соответствии с рис. 18. 8)	Виды концентратов
Концентраты с регулируемым аминокислотным и минеральным составом, обогащенные белками молока и их гидролизатами	1-3-4-6-8-18-19	Гидролизаты сывороточных белков ГСБ-20, ГСБ-40
	1-3-4-6-8-18-19-20	Гидролизат сывороточных белков ГСБ-Рс
Концентраты с регулируемым углеводным, минеральным и аминокислотным составом, обогащенные лактулозой, белками молока и их гидролизатами	1-3-7-10-13-2-15-19-20	Бифидогенный концентрат «Лактобел-ЭД»
	1-3-7-10-13-18-2-15-19-20	Бифидогенный концентрат «Лактобел-ГМБ-ЭД»
	1-3-7-10-13-2-14-15-19-20	Бифидогенный концентрат «Лакт-ОН-ЭД»
Концентраты с регулируемым углеводным, минеральным и аминокислотным составом, с продуктами гидролиза лактозы и сывороточных белков	1-3-4-5-8-17-6-8-18-15-19	Концентраты гидролизованной сыворотки КГС-20, КГС-40
	1-3-4-5-8-17-6-8-18-15-19-20	Концентрат гидролизованной сыворотки КГС-Рс

Перспективные направления использования пребиотических концентратов рассмотрены на рис. 18.9 (инновационный проект докторанта А.Д. Лодыгина).

Применение в рационе питания, безусловно, необходимых для человека производных лактозы и сывороточных белков возможно при введении их в рецептуры при производстве творога и творожных изделий. Это приведет к получению новых групп продуктов и расширению уже имеющегося ассортимента. Такие продукты можно назвать продуктами «двойного качес-

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ:

- изомеризация лактозы в лактулозу по механизмам L-A трансформации и перегруппировки Амадори;
- мутаротация α -формы лактозы в β -изомер

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ

- гидролиз и трансгалактозилирование лактозы с использованием препаратов β -галактозидазы;
- ферментативный гидролиз сывороточных белков

ПРОДУКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

- бифидогенные (пребиотические) концентраты;
- низколактозные продукты;
- полифункциональные углеводные модули;
- гипоаллергенные концентраты сывороточных белков

Рис. 18.9. Направления практической реализации технологии пребиотических концентратов

тва», поскольку они содержат, с одной стороны, важнейший бифидус-фактор — лактулозу, с другой — необходимые и незаменимые для организма человека аминокислоты.

18.3.5. Гидролиз белков сыворотки: новые функциональные возможности

На международной конференции по проблемам переработки и использования молочной сыворотки (Париж, 2008) доктором *Ren Floris* (Нидерланды) был представлен доклад, подтверждающий актуальность разработки новых направлений разработки продуктов с гидролизванными сывороточными белками [45]. Для информации ниже приводится краткое содержание доклада.

Сывороточные белки проявляют ряд важных функционально технологических свойств, к которым следует отнести гелеобразующую, эмульгирующую, пенообразующую способность. Функционально-технологические свойства сывороточных белков дополняются полезными для здоровья человека нутриентами, которые наряду со сбалансированным аминокислотным составом обусловлены наличием биологически активных фракций (лактоферрин, иммуноглобулины, лактопероксидаза).

Гидролиз сывороточных белков придает им новые функциональные свойства и, как следствие, возможность разработки новых продуктов. Различные преимущества специфического гидролиза сывороточных белков рассматриваются в настоящее время применительно к новым технологиям:

- производства биологически активных пептидов;
- снижения аллергенности сывороточных белков;
- создания новых структур с заданными функциональными свойствами на основе нанотехнологий.

Технология получения биологически активного пептида антимикробного действия лактоферрина рассмотрена в главе 17. Другим многообещающим пептидом является альбутенин, выделяемый из альбумина сыворотки крови путем селективного гидролиза. Сывороточные белки широко используются в составе гуманизированных смесей детского питания. В связи с потенциально аллергенностью, сывороточные белки часто подвергают ферментативному гидролизу с целью снижения их антигенной активности. Данный эффект может быть усилен за счет обработки гидролизатов сывороточных белков под действием сверхвысоких давлений.

В этом же плане представляет интерес разработка инновационных технологий биологически активных веществ на основе молочной сыворотки, анонсированных канадской компанией *Technologie BioActis Inc.* на V Международной конференции по молочной сыворотке (Париж, 2008). Компания является производителем биологически активных добавок, востребованных индустрией здоровья и здорового питания (БАД к пище, диетические добавки, косметика и фармацевтические препараты). Препараты *Technologie BioActis Inc.* направлены на профилактику и лечение ряда заболеваний и функциональных расстройств организма человека: метаболические нарушения, избыточный вес, системные и локальные заболевания, гиперлипидемия, гипертония, диабет и рак.

Стратегический портфель инноваций и ноу-хау компании базируются на трех объектах интеллектуальной собственности:

- технологическая платформа производства широкого спектра продуктов на основе промышленной ферментации с брендом *Valactis™*;
- скрининговая система поддержания здоровья под названием *Galactis™*;
- линейка мультипликативных матриц продуктов MPM.

Технологические достижения компании позволяют аккумулировать и обеспечивать синергизм биологически активных веществ ферментированной молочной сыворотки в единой матрице (МРМ), которая обладает ярко выраженным иммуномодулирующим действием, предотвращая метаболические расстройства. Эффективность действия МРМ подтверждена многочисленными клиническими испытаниями.

В целом достижения нанобиомембранной технологии открывают новые возможности в плане создания оригинальных структур на основе сывороточных белков, как кластеров, подвергнутых специфическому протеолизу. Установлено, что лактальбумин, подвергнутый гидролизу в особых условиях под действием протеаз с высокой специфичностью, способен образовывать надмолекулярные структуры — нанотрубки в результате самосборки. Потенциальными областями применения нанотрубок являются инкапсулирование, текстурирование, тканевая инженерия.

18.4. Инновационные технологии лактулозы

На основе фундаментальных исследований [46] и новаций, изложенных в главе 13, предложены современные технологии получения этого уникального пребиотика [47, 48, 49, 50].

18.4.1. Синтез лактулозы гуанидином

Г. Б. Гаврилов разработал технологическую схему получения концентрата лактулозы бренда «Лазет» изомеризацией гуанидином и очисткой электродиализом [51]. Принципиально технология получения лактулозы включает две стадии. На первой стадии получают концентрат сывороточных белков, который в дальнейшем подвергают обессоливанию методами электродиализа и ионного обмена. Вторая стадия непосредственно связана с переработкой фильтрата молочной сыворотки в лактулозу.

Технологический процесс производства лактулозы состоит из следующих операций: изомеризация (подщелачивание, термостатирование); нейтрализация; очистка раствора; деминерализация; сгущение; сушка; нормализация и внесение витаминов, упаковка, маркировка. При использовании сыворотки или ультрафильтрата производят осветление и сгущение раствора. Преимуществом использования фильтрата молочной сыворотки перед растворами молочного сахара состоят в следующем: высокая стоимость, необходимость растворения лактозы с последующим выпариванием влаги.

Перед использованием фильтрат молочной сыворотки подвергают предварительной очистке от казеиновой пыли и остатков сывороточных белков через диатомитовые фильтры, затем концентрируют до массовой доли сухих лактозы не менее 18–20 % и не более 65 % и проводят изомеризацию с использованием реагентов комплексации и гуанидина.

Процесс изомеризации включает в себя подщелачивание раствора лактозы и его термостатирование. Подщелачивание раствора лактозы производится реагентами с целью доведения рН раствора до $(10,2 \pm 0,1)$. Раствор термостатируют при $(90 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 120–180 мин при постоянном перемешивании. После завершения изомеризации в раствор вносят лимонную и/или соляную кислоту. Вначале снижают активную кислотность до рН $(7,0 \pm 0,5)$ и охлаждают до 60°C , а затем подкисляют реагентами до рН $(3,0 \pm 0,5)$.

Очищенный раствор направляют на электродиализную установку для удаления минеральных солей и органических кислот. Обработку раствора осуществляют на электродиализной установке в интервале температур 20–40 °С. Контроль осуществляют кондуктометрически по электропроводности раствора или солесодержанию до $(0,5 \pm 0,1)$ г/л. Деминерализован-

ный раствор после электродиализной обработки направляют в емкость, откуда он поступает на ионообменную установку. Деминерализованный раствор после ионного обмена направляют в емкость-накопитель для дальнейшего сгущения или сушки. Перед сгущением осуществляется подогрев концентрата лактулозы в трубчатых аппаратах до температуры $(45 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Сгущение раствора производят при температуре $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ до требуемой массовой доли сухих веществ $(58 \pm 1)\%$ или $(69 \pm 1)\%$ и плотности 1280 кг/м^3 (1380 кг/м^3), соответственно и направляют на охлаждение.

Сгущенный концентрат направляют в ванны для охлаждения, а при необходимости производства концентрата «Лазет-ПС» вносят витамин С и перемешивают. Готовый концентрат нормализуют до необходимой массовой доли сухих веществ очищенной пастеризованной водопроводной водой или концентратом более высокого уровня и направляют на очистку микрофильтрацией. Далее концентрат подают на фасовку.

Деминерализованный сироп после предварительной подготовки смеси компонентов для сушки (при производстве концентрата «Лазет-Сх») направляется на сушильную установку (распылительную — с температурой на входе $160\text{--}190^\circ\text{C}$ и на выходе $55\text{--}75^\circ\text{C}$) и (сублимационную — с температурой минус 20°C) в зависимости от вида подготовки продукта. В табл. 18.16 приведены нормируемые физико-химические показатели продукции с лактулозой.

Таблица 18.16. Физико-химические показатели концентрата лактулозы и биологически активной добавки на его основе

Наименование показателя	Значение показателя						
	для концентрата					для БАД	
	Лазет-ПС	Лазет-П	Лазет-Д	Лазет-Л	Лазет-Сх	Лазет-Вита-Д	Лазет-Вита-Л
Массовая доля влаги, %, не более	50	50	45	35	6	45,0	35,0
Массовая доля лактулозы в сухом веществе, %, не менее	65	65	65	73	65	65,0	73,0
Витамины:							
С, г/кг						6,0	6,0
В ₁ , мг/100 мл						6,0	6,0
В ₂ , мг/100 мл	12					7,0	7,0
В ₆ , мг/100 мл						0,7	0,7
В ₉ , мг/100 млРР, мг/100 мл						6,3	6,3
Плотность, кг/м ³	1250	1250	1270	1350			
Насыпной вес, кг/м ³					750±30	1270±10	1350±10

Принципиальные отличия в составе обуславливают рекомендации по использованию концентратов, в частности — дозировку, кратность применения, а также способы обогащения продуктов питания, условия и продолжительность хранения.

По содержанию токсичных элементов: микотоксинов, антибиотиков, пестицидов, радионуклидов концентрат должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 18.17.

Таблица 18.17. Показатели безопасности концентрата лактулозы

Наименование вещества (элемента)		Допустимый уровень содержания, мг/кг, не более, (для радионуклидов Бк/кг) при использовании в качестве компонента	
		для пищевых продуктов	для продуктов детского питания
Токсичные элементы	Свинец	0,5	0,05
	Мышьяк	0,2	0,02
	Кадмий	0,1	0,02
	Ртуть	0,02	0,005
Микотоксины	Афлатоксин M_1	0,02	0,005
Антибиотики	Левомецитин	—	Не допускается
	Тетрациклиновая группа	—	Не допускается
	Стрептомицин	—	Не допускается
	Пенициллин	—	Не допускается
Пестициды	Гексахлоргексан (α -, β -, γ -изомеры)	0,1	0,02
	ДДТ и его метаболиты	0,1	0,01
Радионуклиды	Цезий-137	50	50
	Стронций-90	25	25

Органолептические показатели концентрата показаны в табл. 18.18. Анализ органолептических свойств позволяет предположить возможность совместного использования в технологии любых пищевых продуктов в качестве ингредиентов с целью придания функциональных свойств.

Таблица 18.18. Органолептические свойства концентрата лактулозы

Наименование показателя	Характеристика концентрата
Внешний вид и консистенция	Однородная, вязкая жидкость. Допускается наличие кристаллического осадка лактозы
Вкус и запах	От сладкого до кисло-сладкого. Допускается привкус и запах карамелизации
Цвет	От светло-желтого до темно-желтого

Гарантированные сроки хранения продуктов: концентрат лактулозы «Лазет» — при температуре от 0 до 10 °С — не более 12 мес. с даты изготовления; при температуре от 10 до 25 °С — не более 6 мес. с даты изготовления; БАД при температуре (10 ± 10) °С — 12 мес.

18.4.2. Технология концентрата лактулозы с использованием высокоэффективного катализатора

Исследования А. В. Серова [52] обосновали возможность создания концентратов лактулозы с использованием высокоэффективного катализатора [53]. Суть новации заключается в том, что при достижении концентрированного раствора лактозы оптимального значения pH:

- продолжительность процесса изомеризации при температуре 65 °С составляет 15 + 20 мин;
- окисление сульфитов H_2O_2 в молярном соотношении 1 : 1;

- соотношение объемов ионообменной смолы IRA-743 и лактулозосодержащего сырья 1: 5;
- многократное использование ионообменной смолы IRA-743 за счет ее регенерации;
- частичная замена борной кислоты катализатором, полученным при регенерации его из деминерализованного и изомеризованного раствора лакто-лактолозы методом ионного обмена.

Для обеспечения максимального удаления боратов в процессе изомеризации лактозы, рекомендованы следующие технологические параметры процесса:

- продолжительность процесса кристаллизации 12 ч;
- температура кристаллизации +5 °С.

Хроматограммы образцов сиропов лактулозы, полученных с использованием рафинированного молочного сахара, представлены на рис. 18.10.

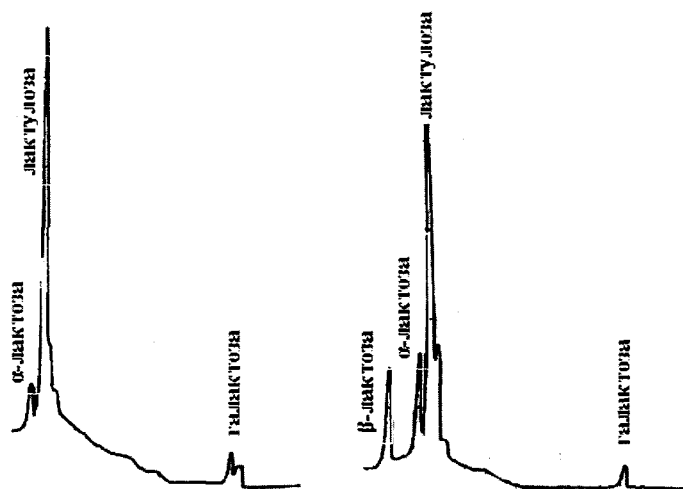


Рис. 18.10. Хроматограмма углеводного состава раствора молочного сахара рафинированного в процессе изомеризации: а) 20 минут, б) 15 минут.

В целом, предложенная технология обеспечивает минимизацию затрат, достаточное качество продукта с уровнем рентабельности 25 %.

18.4.3. Технология концентрата лактулозы на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья

Результаты исследований С. В. Лодыгиной позволили сформулировать оптимальные параметры основных технологических процессов получения концентратов лактулозы из растворов молочного сахара-сырца и творожной сыворотки путем анионообменной обработки [54], приведенные в главе 13.

При разработке технологии концентрата лактулозы за основу были приняты установленные выше параметры основного процесса — ионного обмена и изомеризации лактозы в лактулозу, а также специфические требования к обработке сырья, выявленные в ходе экспериментальных исследований.

Технологический процесс получения концентрата лактулозы из растворов молочного сахара и молочной сыворотки показан в виде объединенной блок-схемы на рис. 18.11.

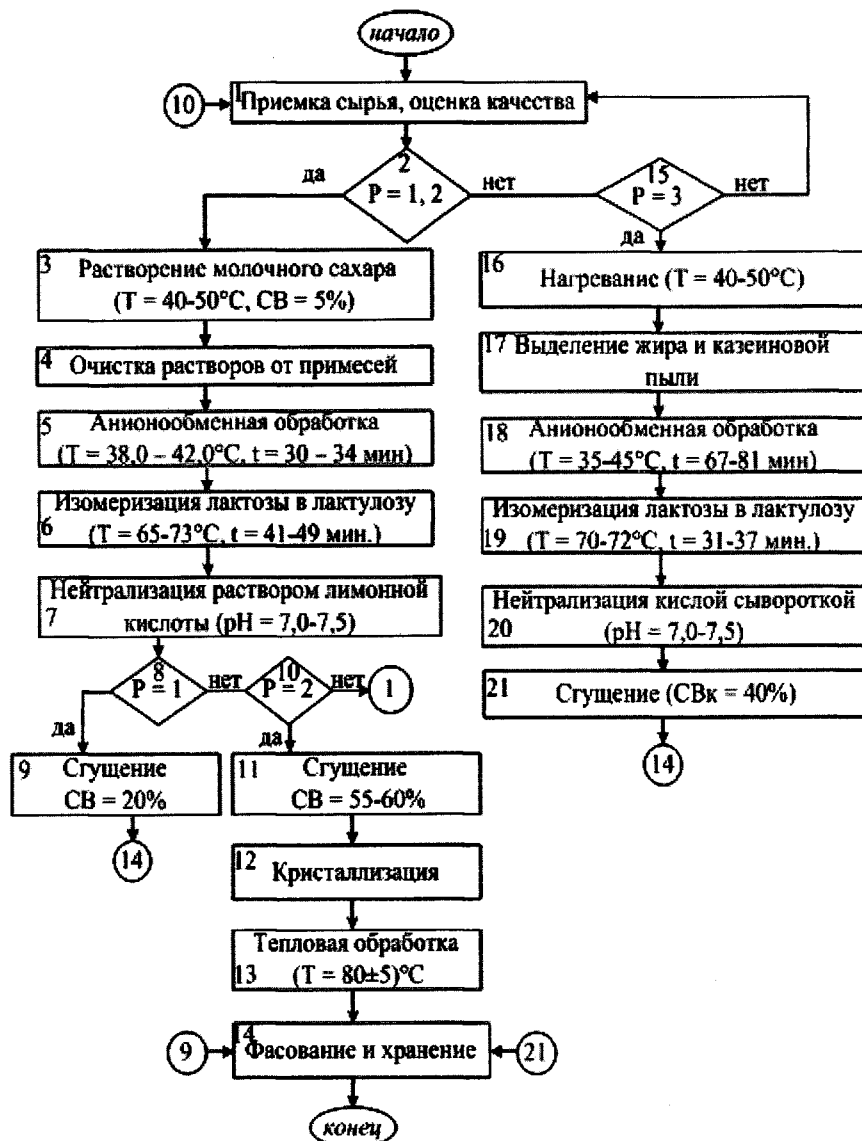


Рис. 18.11. Блок-схема алгоритма производства концентрата лактулозы
Вид продукта: P = 1 — кормовой концентрат из молочного сахара-сырца
БУД-20; P = 2 — пищевой концентрат из молочного сахара-сырца БУД-65;
P = 3 — пищевой концентрат из молочной сыворотки КБУ-40

Состав и физико-химические показатели концентрата лактулозы по сравнению с базовым вариантом (концентрат лактозы пищевой на основе электроактивации растворов лактозы [40]) представлены в табл. 18.19.

Таблица 18.19. Состав и физико-химические показатели концентратов лактулозы

Показатели	Среднее значение и пределы колебаний для концентратов	
	БУД-65	Базовый вариант
Массовая доля сухих веществ, %	65,5 ± 0,5	58,6 ± 2,8
в том числе лактозы	12,6 ± 0,4	12,2 ± 0,5
лактоулозы	37,5 ± 0,5	36,4 ± 0,7
галактозы	11,4 ± 0,4	7,1 ± 0,3
белка	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,01
минеральных веществ	0,8 ± 0,05	0,63 ± 0,15
Кислотность активная, рН, не более	7,2 ± 0,2	5,87 ± 0,7
Плотность, кг/м ³	1260 ± 5	1265 ± 4

Перечень критических контрольных точек (ККТ) производства концентратов, в соответствии с принципами ХАССП, представлен в табл. 18.20.

Таблица 18.20. Перечень критических контрольных точек

ККТ	Наименование операции технологического процесса	Наименование контрольных параметров
ККТ 1	Операция 1.1	Массовая доли лактозы, золы, белка в молочном сахаре; массовая доля сухих веществ, лактозы и жира в творожной сыворотке; титруемая кислотность, содержание КМАФАнМ, БГКП, дрожжей, плесневых грибов
ККТ 2	Операции 1.3, 1.5	Массовая доля сухих веществ и лактозы
ККТ 3	Операция 1.9	Массовая доля лактулозы, БГКП
ККТ 4	Операция 1.15	Массовая доля сухих веществ, нейтрализующих компонентов
ККТ 5	Операция 1.19	Массовая доля сухих веществ, лактулозы, золы, рН, содержание КМАФАнМ, БГКП, дрожжей, плесневых грибов

В целом, предложенная технология является оригинальной (два патента с элементами ноу-хау), экономически эффективной и экологически безопасной. В развитие проведенных исследований А. С. Бессонов обосновал изомеризацию подсырной сыворотки с разработкой инновационной технологии бифидогенного концентрата, технология которого изложена в главе 16 [55].

18.5. Резюме по главе 18

Рассматривая технологические решения по получению производных компонентов молочной сыворотки, следует констатировать, как когда-то предвидели Кастенс и Балдавски [56], что процесс только начинается. Прогноз по лактозе в достаточной мере определен — лактитол, лактосахароза, ГОСы, лактобионовая кислота и тагатоza. Еще более 100 производных в портфеле инноваций отрасли и ждут своего масштабирования. Гидролизаты белков молочной сыворотки, особенно с регулируемым аминокислотным пулом (на примере фенилаланина), также представляют практический интерес, и их рынок пока не заполнен. Молочные продукты пробиотической направленности [57], пребиотики нового поколения [38, 58] и син-

биотики [59] из/на основе молочной сыворотки достойны самостоятельного описания. В этом же плане следует рассматривать новации по синтезу бактериоцинов, как лечебных препаратов [60] и биоконсервантов [61]; лактатсодержащих добавок [62]; продуктов животного и растительного происхождения [63]. Особый и отдельный интерес представляет получение органических форм эссенциальных микроэлементов цинка, меди, марганца, хрома [64] и селена [65].

В определенной мере можно предполагать, что именно в этом направлении — синтез производных, будут развиваться перспективные исследования в области проблематики молочной сыворотки и их практическая реализация на отраслевом уровне.

18.6. Список литературы к главе 18

1. Храмцов, А.Г. Феномен лактозы и ее производных [Текст]/А.Г. Храмцов//Молочная промышленность. — 2005. — № 4. — С. 48–49.
2. Смурыгин В.Ю. Разработка биотехнологии сиропа гидролизованной лактозы с применением иммобилизованной β -галактозидазы [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Смурыгин В.Ю. — Углич: Всесоюзный НИИ маслоделия и сыроделия, 1989.
3. Свириденко, Ю.Я. Сироп глюколакт — новые возможности использования молочного сахара [Текст]/Ю.Я. Свириденко, В.Ю. Смурыгин//Молочная промышленность. — 1997. — № 1. — С. 16.
4. Geilman, W.G. Preparation and properties of syrups made by the hydrolysis of lactose [Text]/W.G. Geilman//Bulletin of the International Dairy Federation. — 1993. — N 289. — P. 33–37.
5. Horton, B.S. Economics of marketing lactose and lactose by-products in a global trading environment [Text]/B.S. Horton//Bulletin of the International Dairy Federation. — 1993. — N 289. — P. 7–9.
6. Соломадина, Л.В. Новые низколактозные продукты с использованием ферментных препаратов [Текст]/Л.В. Соломадина, И.Г. Иванова, М.Г. Ганпаров//Пищевая промышленность. — 1998. — № 7. — С. 20–21.
7. Свириденко, Ю.Я. Ферментативная трансформация лактозы и белков молочной сыворотки [Текст]/Ю.Я. Свириденко, Д.В. Абрамов//Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 28.
8. Свириденко, Ю.Я. Продукты на основе ферментативного гидролиза лактозы и белков молочной сыворотки [Текст]/Ю.Я. Свириденко, Д.В. Абрамов, Г.М. Свириденко и др.//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — С. 44–46.
9. Свириденко, Ю.Я. Продукты на основе ферментативного гидролиза лактозы и белков молочной сыворотки [Текст]/Ю.Я. Свириденко, Д.В. Абрамов, Г.М. Свириденко и др.//Переработка молока. — 2007. — № 1. — С. 56–57.
10. Варданыян, А.Г. Разработка технологии концентратов гидролизованной лактозы на основе пермеата молочной сыворотки [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Варданыян А.Г. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2009. — 123 с.
11. Лодыгин, А.Д. Технология концентратов молочной сыворотки с пониженным содержанием лактозы [Текст]/А.Г. Варданыян, А.Д. Лодыгин//Тезисы Международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. — С. 123.
12. Варданыян, А.Г. Результаты исследований ферментативного гидролиза лактозы в пермеате молочной сыворотки, подвергнутом электрохимической активации [Текст]/А.Г. Варданыян, А.Г. Храмцов, А.Д. Лодыгин и др.//Вестник СевКавГТУ. — 2007. — № 4. — С. 49–52.
13. Донской, Н.С. Применение ферментативного гидролиза лактозы [Текст]/Н.С. Донской, А.Д. Лодыгин, А.Г. Варданыян и др.//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 74–75.
14. Аванесов, Е.К. НАССР — синоним безопасности [Текст]/Е.К. Аванесов//Молочная промышленность. — 2005. — № 10. — С. 13–14.
15. Ключаки, В.А. Концепция организации маркетинга в пищевой промышленности [Текст]/В.А. Ключаки, В.Д. Гончаров. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1994. — 20 с.
16. Zadow, J.G. Whey and Lactose processing. Chapter 10: Lactose hydrolysis [Text]/Edited by J.G. Zadow — London — New York: Elsevier applied science, 1992. — P. 361–409.
17. Teixeira, A.A. New uses for lactose permeate [Text]/A.A. Teixeira, D.E. Johnson, R.R. Zall//Food Eng. — 1983. — N 55 (5). — P. 110–111.
18. Arndt, E.A. Development of hydrolyzed and hydrolyzed-isomerized syrups from cheese whey ultrafiltration permeate and their utilization in ice cream [Text]/E.A. Arndt, R.L. Wehling//J. Food Sci. — 1989. — N 54. — P. 880–884.
19. Deya, E. Recent studies on the utilization of lactose [Text]/E. Deya//Jpn. J. Dairy Food Sci. — 1989. — N 35. — P. A321–A327.

20. Свириденко, Ю.Я. Гидролиз лактозы фильтрата сыворотки иммобилизованной β -галактозидазой [Текст]/Ю.Я. Свириденко, Ю.А. Боровкова, В.Ю. Смурыгин и др.//Молочная промышленность. — 1985. — № 2. — С. 14–16.
21. Свириденко, Ю.Я. Гидролиз лактозы: мировой опыт [Текст]/Ю.Я. Свириденко, В.Ю. Смурыгин//Молочная промышленность. — 1996. — № 7. — С. 21–22.
22. Свириденко, Ю.Я. Гидролиз лактозы: опыты возможности использования в России [Текст]/Ю.Я. Свириденко, В.Ю. Смурыгин//Молочная промышленность. — 1996. — № 8. — С. 19–20.
23. Крупин, А.В. Применение углеводов в ферментированном сыре [Текст]/А.В. Крупин, С.А. Равношанкин, И.И. Муругова//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 63.
24. Круглик, В.И. Исследование кинетики ферментативного гидролиза нативных молочных белков [Текст]/В.И. Круглик//Сыроделье и маслоделие. — 2007. — № 5. — С. 35–36.
25. Просеков, А.Ю. Особенности получения смеси аминокислот из белков молочной сыворотки [Текст]/А.Ю. Просеков, О.О. Бабищ//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделья СО РАСХН, 2008. — С. 161–165.
26. Фролов, С.В. Исследование особенностей биотрансформации сывороточных белков в связи с использованием в технологии продуктов специального назначения [Текст]/С.В. Фролов, С.А. Равношанкин//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделья СО РАСХН, 2008. — С. 77–81.
27. Ельчаинов, В.В. Выбор компонентов фермент-субстратной смеси для получения белковых гидролизатов в связи с созданием продуктов питания для больных фенилкетонурией. 1. Анализ аминокислотных последовательностей казеинов коровьего молока [Текст]/В.В. Ельчаинов, А.Н. Белов, А.Д. Коваль//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделья СО РАСХН, 2008. — С. 187–199.
28. Ельчаинов, В.В. Выбор компонентов фермент-субстратной смеси для получения белковых гидролизатов в связи с созданием продуктов питания для больных фенилкетонурией. 2. Анализ аминокислотных последовательностей сывороточных белков коровьего молока [Текст]/В.В. Ельчаинов, А.Н. Белов, А.Д. Коваль//Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Вып. 5. — Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделья СО РАСХН, 2008. — С. 200–209.
29. Донской, Н.С. Исследование кинетики ферментативного гидролиза сывороточных белков, подвергнутых электрофизической обработке [Текст]/Н.С. Донской, А.Д. Лодыгин, А.Г. Храмцов//Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы Двенадцатой международной научно-практической конференции. — Барнаул: АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2009. — С. 203–206.
30. Свириденко, Ю.Я. Гидролизаты термокоагулированных белков молочной сыворотки [Текст]/Ю.Я. Свириденко, Д.В. Абрамов, Г.М. Свириденко//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 66.
31. Бабищ, О.О. Исследование и разработка технологии молочного белкового эквивалента для специализированных продуктов питания [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Бабищ О.О. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 115 с.
32. Голубцова, Ю.В. Исследование и разработка технологии полуфабриката с пониженным содержанием фенилаланина [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Голубцова Ю.В. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 105 с.
33. Круглик, В.И. Теория и практика реализации технологий специализированных продуктов на основе ферментативных гидролизатов молочных белков [Текст]/В.И. Круглик. — Кемерово — Москва: Издательское объединение «Российские университеты», 2007. — 220 с.
34. Донской, Н.С. Перспективы применения гидролизатов сывороточных белков в технологии творога и творожных изделий [Текст]/Н.С. Донской, А.Г. Храмцов, А.Д. Лодыгин//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных наст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — С. 27–28.
35. Просеков, А.Ю. Освобождение фенилаланина из полипептидной цепи белков молока ферментативным гидролизом [Текст]/А.Ю. Просеков, Ю.В. Голубцова//Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сборник научных трудов. Выпуск 14. — Кемерово: КемТИПП, 2007. — С. 141–143.

36. Проссков, А. Ю. Исследование и моделирование динамики адсорбции фенилаланина из водных растворов углеродными сорбентами [Текст]/А. Ю. Проссков, Ю. В. Голубцова//Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сборник научных трудов. Выпуск 14. — Кемерово: КеМТИПП, 2007. — С. 144–146.
37. Лодыгин, А. Д. Теория и практика получения пребиотических концентратов с регулируемым углеводным, аминокислотным и минеральным составом [Текст]/А. Д. Лодыгин//Вестник СевКавГТУ. — 2010. — № 4.
38. Лодыгин, А. Д. Нанотехнологии трансформации лактозы в кластеры бифидогенных концентратов [Текст]/А. Д. Лодыгин, Н. С. Донской, А. Б. Родная, А. Г. Вардаиян//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 57–58.
39. Лодыгин, А. Д. Применение нанотехнологий при производстве продуктов функционального питания [Текст]/А. Д. Лодыгин//Материалы международной научно-практической конференции «Реальные мембранные нанобиотехнологии в молочной промышленности». Под ред. И. А. Евдокимова. — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. — С. 14–15.
40. Рябцева, С. А. Технология лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева. — М.: ДеЛи принт, 2003. — 232 с.
41. Храпцов, А. Г. Научно-технические предпосылки целесообразности совмещения изомеризации лактозы и гидролиза сывороточных белков в подсырной сыворотке [Текст]/А. Г. Храпцов, А. Д. Лодыгин, Н. С. Донской//Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных масс и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологии и оборудования». — М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. — С. 150–151.
42. Лодыгин, А. Д. Актуальность проблемы синтеза нанокластеров — бифидогенных концентратов на основе вторичного молочного сырья [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Г. Храпцов, И. А. Евдокимов и др.//Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ — 80-лет). Сборник научных трудов. — М.: ГНУ ВНИМИ, 2009. — С. 407–413.
43. Донской, Н. С. Разработка технологии бифидогенного модуля на основе гидролиза лактозы и протеолиза сывороточных белков [Текст]/Н. С. Донской, А. Д. Лодыгин//Материалы XII региональной научно-технической конференции «Вузовская наука — Северо-Кавказскому региону», Том 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. — С. 193–194.
44. Лодыгин, А. Д. Практические аспекты реализации концепции получения пребиотических концентратов с регулируемым углеводным, минеральным и аминокислотным составом [Текст]/А. Д. Лодыгин//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2010». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2010. — С. 5–10.
45. Floris, R. *Hydrolysis of whey proteins: opportunities for new functionalities* [Text]/R. Floris//*Proceedings of the 5th International Whey Conference*. — Paris, France, 2008. — PP. 25–26 Floris.
46. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Рябцева С. А. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2001. — 362 с.
47. Остроумов, Л. А. Способ получения и использование лактулозы [Текст]/Л. А. Остроумов, Г. Б. Гаврилов//Молочная промышленность. — 2006. — № 3. — С. 52.
48. Наследова, Л. Ф. Еще раз о лактулозе [Текст]/Л. Ф. Наследова//промышленность. — 2009. — № 9. — С. 68–69.
49. Рябцева, С. А. Получение и применение лактулозы: прошлое, настоящее будущее [Текст]/С. А. Рябцева//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 32–35.
50. Киселев, С. Лактулоза: второе дыхание известного пребиотика [Текст]/С. Киселев//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 36–37.
51. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Гаврилов Г. Б. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 270 с.
52. Серов, А. В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Серов А. В. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2004. — 309 с.

53. Козлова, Н. В. Разработка технологии лактулозы из высококонцентрированных растворов лактозы [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Козлова Н. В. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 133 с.
54. Лодыгина, С. В. Разработка технологии лактулозы на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Лодыгина С. В. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 183 с.
55. Бессонов, А. С. Совершенствование технологии бифидогенных концентратов на основе лактозосодержащего сырья [Текст]/дис... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Бессонов Артем Сергеевич. — Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2007. — 161 с.
56. *Castens, M. L. Chemicals from milk [Text]/M. L. Castens, F. A. Baldauskyy/Ind. Engineering Chemistry. — 1952. — N 44. — P. 1257.*
57. Самойлов, В. А. Молочные продукты пробиотической направленности [Текст]/В. А. Самойлов, П. Г. Нестеренко, О. А. Суянов//Молочная промышленность. — 2007. — № 8. — С. 39–41.
58. Храмцов, А. Г. Физико-химические аспекты создания технологии бифидогенного концентрата на основе производных лактозы [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, А. Д. Лодыгин//Известия ВУЗов. Пищевая технология. — 1997. — № 1. — С. 18–21.
59. Евдокимов, И. А. Силбиотические молочные продукты [Текст]/И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. — 2004. — № 4. — С. 41–42.
60. Биосыворотка *L, LB* — эликсир молодости [Текст]/Последние достижения отечественной биотехнологии. Информация БелНИКТИММП, 2006.
61. Галкина, Г. В. Биоконсервант для пищевой продукции [Текст]/Г. В. Галкина, Е. В. Куксова, В. И. Иллариопова и др.//Переработка молока. — 2003. — № 10. — С. 8.
62. Забодалова, Л. А. Лактатсодержащие добавки в молочной промышленности [Текст]/Л. А. Забодалова, Л. А. Рублев, В. В. Евелева//Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 42–44.
63. Енальева, Л. В. Продукты «Биосол» и «Протосол» [Текст]/Л. В. Енальева//Молочная промышленность. — 2003. — № 7. — С. 21.
64. Зорин, С. Н. Комплексная оценка органических форм эссенциальных микроэлементов цинка, меди, магния и хрома в опытах *in vitro* и *in vivo* [Текст]/С. Н. Зорин и др.//Вопросы питания, том 76, № 5, 2007. — С. 74–79.
65. Дубовой, Р. М. Элементный статус населения Ставропольского края [Текст]/Р. М. Дубовой, М. Г. Скальная. — Ставрополь, 2008. — 200 с.

Раздел IV

Поле инновационной деятельности

Вступление

Пути рационального использования продуктов из молочной сыворотки

Исходя из рыночной концепции, проблема использования получаемой из/на основе молочной сыворотки (ее компонентов и их производных) продукции как товара, является не менее актуальной, чем переработка. В истории известны случаи (опыт США), когда получаемый из молочной сыворотки сухой продукт не находил спроса и подвергался технической утилизации — например, в условиях кризиса, сжигался в топках паровозов. Затем (в рамках президентской программы в США) были проведены исследования, разработано более десяти улучшителей для хлебопечения, оригинальные рецептуры плавленых сыров и спредов с использованием сухой молочной сыворотки. Проблема была снята. В поездке по США (1976 г.) советской делегации (при участии член-корр. Россельхозакадемии В. Н. Сергеева, тогда начальника главка Минмясомолпрома СССР и министра С. Ф. Антонова) было установлено, что сыродельный завод в штате Иллинойс, вырабатывая до 20 000 т/год сыра, производил такой же объем сухой сыворотки, которая пользовалась спросом.

Принципиальная схема использования продукции из молочной сыворотки логически должна предусматривать применение в продуктах питания непосредственно: напитки, белковые массы, жировые продукты, сывороточные сыры и др.; либо в качестве наполнителей-обогащителей (пищевые добавки). Эти направления рассматриваются в главе 19, в которой отражены только некоторые моменты возможных направлений в конкретных ассортиментных группах — молочных, мясных, хлебопечении с примерами реализации новаций, рассмотренных в разделе II (структурирование, гелеобразование, модификация, молекулярно-ситовая фильтрация и др.).

Следующее направление — кормовые средства, также непосредственно (выпаивание) или в качестве кормовых добавок (наполнители-обогащители). В главе 20 рассмотрена технология нового поколения кормовых добавок для функционального кормления (питания) животных с акцентом на использовании молочной сыворотки при получении ЗЦМ и силосовании кормов.

Медицинские и ветеринарные препараты, особенно на основе азотсодержащих минорных компонентов и производных лактозы, привлекают все большее внимание профессионалов. Особый интерес вызывает система обогащения продуктов питания про- и пребиотиками для конструирования синбиотиков, с целью придания им функциональных лечебно-профилактических и диетических свойств (биопродукты). В главе 21 сделана попытка обобщения имеющейся информации с оригинальной конкретикой по молочной сыворотке, ее компонентам и особенно их производным на примере лактулозы (разработки творческого коллектива акад. И. Ф. Горлова).

Техническое использование молочной сыворотки (глава 22), как эксклюзив и феномен, предлагается для сведения и возможной реализации с учетом всестороннего аудита.

Схема «дерева целей» использования получаемых из молочной сыворотки продуктов по принципу открытого (бесконечного) «белого ящика» приведена ниже (рис. IV.1).

Приведенная схема позволяет моделировать применение любых продуктов из молочной сыворотки в указанных выше основных направлениях существующих и перспективных путей использования. Показанные уровни связей (по горизонтали и вертикали) создают альтернативу для выбора и консенсуса в рамках реалий конкуренции международного рынка, членства в ВТО, СНГ, Союзного государства и «умной экономики» с получением максимального эффекта.



Рис. IV.1. Направления возможного использования продуктов из молочной сыворотки (дерево целей — «белый ящик»).

Глава 19

Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в пищевых целях

19.1. Общие положения

Проблема полного и рационального использования молочной сыворотки в пищевых целях логически начинается с возможности ее применения внутри молочного производства, естественно, в продуктах питания. К сожалению, традиционно молочную сыворотку, вероятно, из-за ее цвета, схожего с водой, а не молоком, часто рассматривают как объект для слива или кормовых целей. С учетом содержания сухих веществ — половина молока, молочная сыворотка должна использоваться в рецептурах молочных (пищевых) продуктов. Примеров множество. Научно-техническое обоснование и практические предпосылки для инновационного решения проблемы, применительно к продуктам функционального питания нового поколения, в соответствии с предложенной нами концепцией, содержатся в комплексе публикаций творческого коллектива научного направления СевКавГТУ «Технология живых систем» [1–26] и научно-технических разработках инновационного портфеля ООО «Мега-Профилайн» [27, 28, 29].

Достаточно полная и подробная информация по использованию молочной сыворотки в продуктах питания в нашей стране и за рубежом в обобщенном виде имеется также в учебных пособиях [30, 31, 32] и монографии [33]. Обобщенная схема использования молочной сыворотки в пищевых целях по Дж. Н. де Виту [34], в нашей интерпретации, представлена на рис. 19.1.

С учетом концептуального подхода к феномену молочной сыворотки, в плане ее использования в пищевых целях, ниже излагаются некоторые конкретные решения по всей системе, ее компонентам и их производным. Именно данная парадигма является ноу-хау настоящей

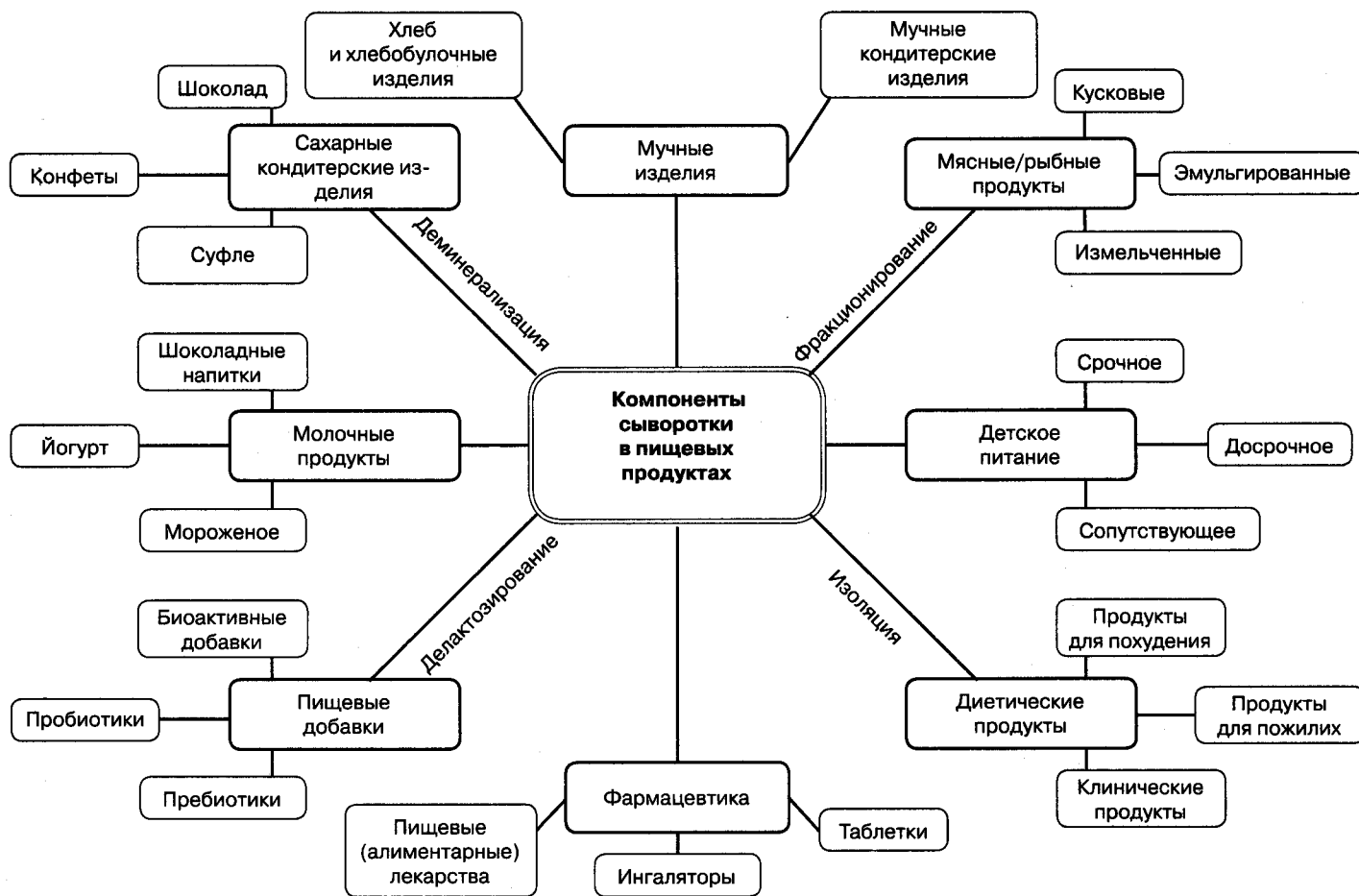


Рис. 19.1. Направления использования молочной сыворотки в пищевых целях

монографии. Приоритеты отданы несепарированной молочной сыворотке основных видов — подсырной и творожной, сывороточным белкам, лактозе (молочному сахару) и ее производным. Иерархия продуктов — молочные, хлебопекарные и мясные изделия. Некоторые направления использования молочной сыворотки в нативном виде и после направленной физико-химической и биотехнологической обработки, ее отдельных компонентов и многочисленных производных указаны ранее при описании конкретных технологий (раздел III). Дополнительно они приводятся в настоящем разделе для информации и возможности практической реализации, в соответствии с классификацией процессов обработки (раздел II).

19.2. Технология мягких термокислотных сыров на основе молочной сыворотки

В настоящее время отечественное сыроделие специализируется в основном на выработке твердых сыров (получаемых за счет ферментативной коагуляции белков), ассортимент которых представлен как традиционными сычужными сырами с низкой температурой второго нагревания, так и сырами с высокой температурой второго нагревания. Перспективным является производство мягких сыров, которые можно условно разделить на следующие категории: кислотно-сычужные — с развитием плесени внутри или на поверхности продукта, рассольные, а также сыры, получаемые способом термокислотной коагуляции молока. Именно эта группа сыров наиболее толерантна к возможности использования компонентов молочной сыворотки в их рецептуре.

При выработке мягких термокислотных сыров расходуется меньше молока, чем при производстве сычужных; не предъявляются специфические требования к сыропригодности молока; нет необходимости в приобретении дорогостоящего сыродельного оборудования и в площадях для созревания сыра [35]. Это обеспечивает более быстрый оборот вложенных средств с меньшими производственными затратами, позволяет сгладить сезонность выпуска сыров и вырабатывать их в нетрадиционных для сыроделия регионах. Сыры данной группы имеют хорошие потребительские свойства, высокую биологическую ценность (за счет использования сывороточных белков) и более низкую себестоимость.

В мировой практике накоплен опыт по применению молочной сыворотки, сывороточных белков, сухой и сгущенной молочной сыворотки при выработке различных видов сыров. Сывороточные сыры изготавливают путем повторного свертывания (обычно с помощью нагревания) или осаждения белков сыворотки, которая отделяется в процессе гелеобразования исходного молочного сырья. Большая часть белков и жиров остается в сырном сгустке, однако в молочную сыворотку переходит определенное количество питательных веществ — липидов, протеинов и минеральных элементов. Эти сыры обычно мягкие, с пониженной жирностью, приятным нежным вкусом, их можно намазывать на хлеб. Самые известные сывороточные сыры — корсиканский Броччо, итальянская Рикотта (название которой переводится как «повторно сваренный») и норвежский *Gudbrandsdalesost typc* (типа *Gjetost*), для производства которого сыворотку медленно нагревают со сливками или молоком, пока не испарится практически вся свободная вода, а лактоза не превратится в коричневую карамелизованную массу [36].

Итальянская Рикотта (*Ricotta Cheese*) — свежий, слегка соленый нежирный рассыпчатый белый сыр, по консистенции похож на творог, но более гладкий, как творожная паста. Рикотта — это творог по-итальянски, и обозначает «переваренный» (*re-cooked*), т.к. этот сыр делают из сыворотки, оставшейся от производства обычного сыра из коровьего, буйволиного, овечьего или козьего молока (чаще всего таких известных итальянских сыров, как Моццарел-

ла и Проволоне). Сыворотку нагревают до 80–90 °С, когда всплывут хлопья денатурированного сывороточного белка, которые собирают и кладут в корзинки из пластмассы (в промышленных условиях), а по традиции корзинки делали из ивовых прутьев. При промышленном производстве для ускорения процесса свертывания в сыворотку вносят лимонную, винную или соляную кислоты.

Наиболее широкое распространение получили сыры из молочной сыворотки в Норвегии. Примерно 30 % заготавливаемого молока в стране перерабатывается на сыр и 25 % из общего количества получаемого сыра составляют сыры из сыворотки [37]. В Норвегии вырабатывают сывороточные сыры, получаемые термокислотным способом, такие как *Gjetost*, *Mysost*, *Gammelost* и др. *Mysost* (Мюзост) — мягкий сыр с привкусом сыворотки. Прежде сыры из сыворотки, типа Мюзост, вырабатывались в Швеции, Дании, Швейцарии, Германии под разными торговыми марками: Мюзост, Фелеост, Молкенкезе и Молкензих. Сущность этих производств заключалась в следующем. Смесь из молочной сыворотки, молока и сливок подсушивают сначала в выпарных аппаратах при температуре 40–65 °С до массовой доли сухих веществ 50–60 %, затем досушивают в вакуум-выпарных аппаратах специальной конструкции до 80 % сухих веществ. Из выпарного аппарата масса поступает в смеситель, где охлаждается при одновременной кристаллизации молочного сахара, затем охлажденную массу фасуют и упаковывают.

Другим известным сыром, вырабатываемым в Норвегии, является сыр Месмор. Для выработки этого вида сыра используют свежую подсырную сыворотку кислотностью 12–14 °Т. В вакуум-аппарате сыворотку концентрируют до массовой доли сухих веществ 45 % (кислотность 90 °Т), затем раскисляют до 48–50 °Т путем внесения 16 %-ного раствора едкого натра и досушивают до 55–60 % сухих веществ в вакуум-аппарате с мешалкой. В процессе сгущения вносят сливки 33 %-ной жирности из расчета содержания жира не менее 10 % в сухом веществе готового продукта. Сгущенную смесь направляют в смеситель, куда вносят 7 % свежловинного сахара и ванилин. Для консервирования готового продукта и предупреждения развития плесени на поверхности сыров в готовую массу перед охлаждением вносят 30 %-ный раствор сорбиновой кислоты, затем массу гомогенизируют при 90–95 °С, охлаждают до 20 °С и расфасовывают.

Норвежский сыр *Gjetost* — производится путем нагревания сыворотки до тех пор, пока сывороточные белки не денатурируют. По форме он похож на кусок мыла, полутвердый по консистенции, цвета жженого сахара. *Gammelost* известен с 1774 г. и делается из нежирного козьего молока. В настоящее время его изготавливают также из обезжиренного коровьего молока термокислотным способом. В пастеризованное молоко вносят закваску. Полученный сгусток разрезают, удаляют часть сыворотки, нагревают ее и снова возвращают в сырную массу. Медленно нагревают до 60–63 °С в течение 2 ч, чтобы сырная масса обсушилась и уплотнилась. Затем массу выкладывают в тканевые мешки для прессования в перфорированных формах из нержавеющей стали. Отпрессованную сырную массу измельчают в специальной форме, проложенной серпянкой. Затем в этой же форме в течение 2–3 ч выдерживают при температуре 92–93 °С, охлаждают и обсушивают на открытых полках. Обсушенный твердый сыр извлекают из формы и орошают его поверхность суспензией спор плесени *M. racemosus*. Далее сыр для роста плесени помещают в хранилище при 12–13 °С на 5 сут. После этого температуру понижают до 8–10 °С и выдерживают при этой температуре в течение 4 нед. Хранят сыр при температуре от 3 до 10 °С. Сыр имеет цилиндрическую форму, диаметр — 10–20 см, масса — 1–3 кг. Сырное тесто твердое, коричневатого цвета, структура зернистая, рыхлая, без глазков.

Известен также сыр Приммюзост. Этот норвежский сыр вырабатывают из сыворотки, в которой лактоза подвергнута ферментативному гидролизу до уровня 20–90 %. Причем, если сгущение сыворотки проводится в открытых котлах, то сыр приобретает привкус поджаренного ржаного хлеба с темно-коричневым цветом массы, интенсивность окраски усиливается

с повышением степени гидролиза. Если сгущение проводят под вакуумом, то полученный сыр имеет типичный коричневый цвет и выраженный вкус карамели. С повышением степени гидролиза лактозы консистенция сыра становится нежнее. Этот сыр пользуется большим спросом у населения Норвегии. Физико-химические показатели его колеблются в пределах, %: влага 17,4–28,32; жир 1,9–28,27; зола 4,0–4,8; pH 5,1–5,7.

В Норвегии издавна было принято варить сыворотку, превращая ее в мягкий коричневый сыр. Одним из самых популярных национальных продуктов является коричневый сыр *Gudbrandsdalost*. Его производят из козьего молока, коровьих сливок и молочной сыворотки. Смесь варят до тех пор, пока практически вся вода не испарится и не начнется процесс карамелизации сахаров. На вкус *Gudbrandsdalost* сначала тоже похож на карамель — нежный, сладковатый, приятно тягучий. Но немного погодя появляется послевкусие — кислинки, а затем пикантная острота сыра. Традиционно он употребляется с вафлями, хлебом; в качестве закуски; используется для приготовления соусов. В табл. 19.1 приведен химический состав и калорийность норвежских коричневых сыров.

Таблица 19.1. Химический состав и калорийность норвежских коричневых сыров

Наименование сыра	Состав, %				Калорийность, кДж/100 г
	Влага	Жир	Белок	Углеводы	
<i>Gudbrandsdalost</i>	18	30	11	37	1812
<i>Flotmysost</i>	18	28	11	37	1800
<i>Elite prim</i>	31	7,5	7,5	50	1194
<i>Gem</i>	31	1,0	7,5	56	1071

Следует отметить, что органолептические показатели норвежских сыров из сыворотки не соответствуют вкусам российских потребителей (солонватый вкус в сладком продукте, песчанность консистенции, коричневый цвет). Также для их производства необходимо специальное оборудование, обеспечивающее высокую степень концентрации молочной сыворотки.

19.2.1. Сывороточные сыры бренда «Лакточиз»

В СевКавГТУ на основе концептуальных подходов, изложенных выше, была разработана инновационная технология производства сыра норвежского типа с использованием нанокластеров молочной сыворотки. Технологический процесс получения этого вида сыра включает следующие основные технологические операции: деминерализацию пастеризованной подсырной сыворотки, гидролиз лактозы ферментом лактазы, сгущение до массовой доли сухих веществ 55–60 %, формирование структуры с наполнителями-обогащителями [38]. Следует отметить, что данная технология позволяет получить продукт, имеющий коагуляционно-кристаллизационную структуру и содержащий как продукты гидролиза лактозы (глюкозу и галактозу), так и лактозу, которая находится в аморфном состоянии. Это исключает возможность образования порока сыров — мучнистость консистенции.

На данной рецептурной базе [39, 40] разработана серия сывороточных сыров бренда «Лакточиз», аналогом которого являются норвежские сывороточные сыры мюзост, месмор, приммюзост и др. Сывороточные сыры «Лакточиз» вырабатывают из подсырной, деминерализованной сыворотки, сыворотки козьей, обезжиренного молока, масла сливочного или пластических сливок, с добавлением или без добавления лактулозы, вкусовых и ароматических наполнителей. В зависимости от химического состава, наполнителей и вида основного сырья сыры из сыворотки вырабатываются в следующем ассортименте:

- сыр «Лакточиз» 20 % жирности сладкий с ванилином;
- сыр «Лакточиз» 20 % жирности с лактулозой;
- сыр «Лакточиз» 20 % жирности острый.

Особую ценность имеет диетический сыр «Лакточиз» с лактулозой. Его употребление позволит предупреждать желудочно-кишечные и печеночные заболевания, связанные с нарушением нормальной кишечной микрофлоры и оказывать профилактическое действие.

При разработке новых видов нетрадиционных сыров из сыворотки особое внимание уделяется формированию их структуры как показателя консистенции, а также вкуса и запаха, так как в некоторых случаях при неоптимальном варьировании основных компонентов появляются различного рода пороки консистенции (липкость, несвязанность, песчанистость, мучнистость и т. п.).

С увеличением массовой доли деминерализованной подсырной сыворотки и влаги, уменьшением массовой доли сухого обезжиренного молока и пластических сливок вкус и консистенция ухудшались. Среди большого количества реологических характеристик, описывающих состояние сырной массы, важное место отводится твердости. Данный показатель, легко измеряемый методом пенетрации, имеет высокую степень корреляции с органолептической оценкой консистенции сыров.

Сущность метода пенетрации состоит в определении глубины погружения в пробу сыра за 5 с металлического конуса, с усилием 1,47 Н (150 г). На консистенцию сыра существенное влияние оказывает содержание влаги и жира. Влияние их массовой доли на индекс пенетрации при производстве сырной массы «Лакточиз» с добавлением сладких вкусовых и ароматических ингредиентов (ванилин — 0,001 %, сахар — 3 %, фруктовый сироп — 2 %) показано на рис. 19.2.

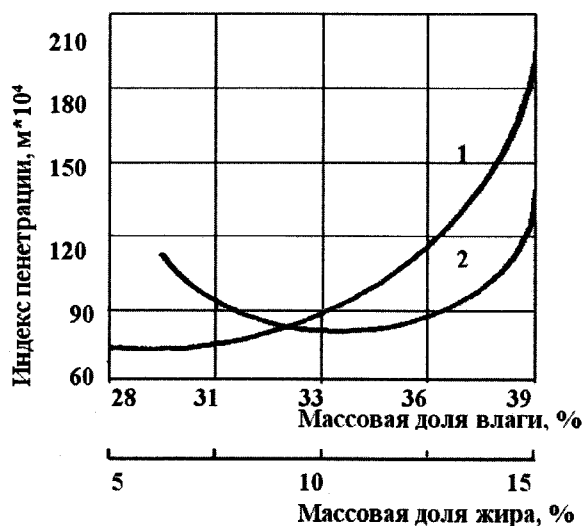


Рис. 19.2. Зависимость индекса пенетрации от массовой доли влаги и жира сырной массы «Лакточиз»: 1 — влага; 2 — жир

Из приведенных зависимостей видно, что на показатель пенетрации в большей степени оказывает влияние влажность, в меньшей степени — жирность продукта. Так, увели-

чение влаги в модельных композициях с 28 до 34 % увеличивает показатель пенетрации с 70 до $100 \cdot 10^{-4}$ м, а с 34 до 38 % — в 2,5 раза. При повышении массовой доли жира с 10 до 15 % показатель пенетрации увеличивается с 80 до $140 \cdot 10^{-4}$ м. Оптимизирован химический состав конечного продукта с учетом органолептической оценки, %: влага — 35, жир — 7–15, белок — 8–10, лактоза — 36–41, минеральные вещества — 1–2. Температура пастеризации продукта 90–95 °С, продолжительность механической обработки 10–15 мин.

Аналогично были проведены исследования по созданию сыра с острым вкусом. Соотношение компонентов установлено в следующих пределах, %:

- сгущенная подсырная сыворотка с содержанием сухих веществ 55–60 % — 60–65;
- сухое обезжиренное молоко — 15–20;
- пластические сливки или масло 72%-ной жирности — 7–10;
- набор пряных трав «Хмели-сунели» — 1,5–2;
- аджика с томатом (1 : 1) — 5–7.

По органолептическим показателям сыровоточные сыры «Лакточиз» соответствуют требованиям, приведенным в табл. 19.2.

Таблица 19.2. Органолептические показатели сыровоточного сыра «Лакточиз»

Наименование показателя	Характеристика показателя для продуктов		
	сыр «Лакточиз» 20 % жирности сладкий с ванилином	сыр «Лакточиз» 20 % жирности с лактулозой	сыр «Лакточиз» 20 % жирности острый
Внешний вид	Сыр, фасованный в полимерные стаканчики, запаянные алюминиевой фольгой или закрытые съемной крышечкой из полимерного материала. После удаления крышечки или оболочки поверхность сыра чистая, неподсохшая, неплесневелая, с незначительным количеством воздушных пустот		
Вкус и запах	Чистый, молочный, сладкий с выраженным привкусом и ароматом внесенного наполнителя		Чистый, молочный, пряный, острый, с выраженным привкусом и ароматом внесенного наполнителя
Консистенция	Нежная, пластичная, однородная по всей массе, допускается незначительная мучнистость		
Цвет	От светло-желтого до кремового, равномерный по всей массе		От розового до светло-коричневого с вкраплениями наполнителя

По физико-химическим показателям продукты соответствуют требованиям, приведенным в табл. 19.3. Белок сыра «Лакточиз» состоит из казеина и сыровоточных белков. Коэффициент использования белка равен 0,72 (для молока данный коэффициент составляет 0,69).

Таблица 19.3. Физико-химические показатели сыровоточного сыра «Лакточиз»

Наименование показателя	Значения показателя для продуктов		
	сыр «Лакточиз» 20 % жирности сладкий с ванилином	сыр «Лакточиз» 20 % жирности с лактулозой	сыр «Лакточиз» 20 % жирности острый
Массовая доля жира в сухом веществе, % не менее	20	20	20
Массовая доля влаги, %, не более	36	36	30
Массовая доля сахарозы, %, не менее	5	5	—

В целом сывороточные сыры бренда «Лактолиз» обладают высокой пищевой ценностью, приятным вкусом и послевкусием; могут служить дополнительным источником биологически активных веществ, необходимых для жизнедеятельности организма. Они, так же как и норвежские сыры, с учетом климата, могут играть роль «теплого мороженого». Проблема ждет своего решения на отраслевом уровне и может рассматриваться в портфеле инноваций как этап модернизации системы получения белково-жировых продуктов — сыров, творога и возможно спредов.

19.2.2. Мягкие сывороточные сыры с бифидогенным фактором

К группе мягких сыров без созревания относится сырная масса Кавказ, которая вырабатывается путем термокислотной коагуляции белков несепарированной подсырной сыворотки, обезжиренного молока и/или пахты [41]. В результате совершенствования технологии сырной массы «Кавказ», разработанной ранее в СКФ ВНИИМС (А. Г. Храмцов, И. У. Рамазанов и др.), с целью расширения ассортимента, улучшения вкусовых показателей готового продукта и придания ему про-, пре- и синбиотических свойств используется закваска молочнокислых палочек *Lb. acidophilus* (штамм 12 б), входящих в состав БАД «Биобактон» — пробиотик и концентрат лактулозы — пребиотик. В комплексе — синбиотик.

Получаемые продукты различаются внесенными наполнителями и выпускаются в следующем ассортименте: сыр Кавказ нежирный, сладкий с ванилином, сладкий с изюмом, сладкий с лактулозой, сладкий плодово-ягодный, соленый с хреном, соленый с зеленью. По органолептическим показателям продукт соответствует требованиям, приведенным в табл. 19.4.

Таблица 19.4. Органолептические показатели продукта

Наименование показателя	Характеристика показателя для продукта			
	сыр Кавказ	сыр Кавказ сладкий с ванилином; сыр Кавказ сладкий с лактулозой	сыр Кавказ сладкий с изюмом; сыр Кавказ сладкий плодово-ягодный	сыр Кавказ соленый с хреном; сыр Кавказ соленый с зеленью
Внешний вид и консистенция	Нежная, мажущаяся консистенция, допускается наличие крупитчатости			
Вкус и запах	Чистый, кисло-молочный со специфическим привкусом пастеризации	Сладкий, с легким привкусом ванилина и пастеризации	Сладковатый, с привкусом наполнителей и пастеризации	Слабосоленый, с привкусом наполнителей и пастеризации
Цвет	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе		Белый с кремовым оттенком с включениями наполнителя или обусловленный входящими в состав компонентами	

По физико-химическим показателям продукт соответствует требованиям, приведенным в табл. 19.5.

Таблица 19.5. Физико-химические показатели продукта

Наименование показателя	Значение показателя для продукта			
	сыр Кавказ	сыр Кавказ сладкий		сыр Кавказ соленый с хреном, с зеленью
		с ванилином, с лактулозой, с изюмом	плодово-ягодный	
Массовая доля жира, %, не менее	2,0	2,0	2,0	2,0
Массовая доля влаги, %, не более	80,0	72,0	70,0	80,0
Кислотность титруемая, °Т, не более	140,0	130,0	140,0	140,0
Массовая доля хлористого натрия (поваренной соли), %, не более	1,0	—	—	1,3
Массовая доля сахара, %, не менее	—	10,0	16,0	—

В данной технологии реализованы следующие важные преимущества по сравнению с аналогом:

- получаемый сыр обладает высокой биологической ценностью, за счет максимального использования ценных сывороточных белков;
- сыр имеет пробиотические свойства за счет использования полезных для организма молочнокислых палочек *Lb. acidophilus* и пребиотические — за счет обогащения его лактулозой — в комплексе синбиотик;
- при его производстве используется доступное и относительно дешевое сырье (обезжиренное молоко и сыворотка), позволяющее снизить цену продукта;
- при данном способе производства происходит максимальное использование составных частей молочного сырья, из-за чего снижен расход молока на его выпуск;
- производство сыра высокорентабельно.

Вырабатываемый продукт обладает высокой пищевой, биологической ценностью, пробиотическими (бакзакваска) и пребиотическими (лактолоза, сывороточные белки) свойствами, хорошими товарными характеристиками и прибыльный. Он может дистанцироваться как синбиотик и идеализированный биопродукт с формулой молозива или материнского молока.

19.2.3. Использование несепарированной подсырной сыворотки при производстве мягких сыров

Использование молочной сыворотки и, прежде всего ее белкового компонента, который не коагулирует в традиционных сырах (это до 29% белкового комплекса), логически правомерно. Технологические решения известны [40] и привлекают внимание исследователей. Особая роль в решении проблемы принадлежит школе проф. Л. А. Остроумова — КемТИПП [42, 43, 44, 45] и ВНИИМС. В нашем творческом коллективе к проблеме, в плане ресурсосбережения, прикоснулся проф. О. А. Суюнчев [4, 39], к сожалению, уже ушедший от нас (1950–2009 гг.). Одной из системных работ по тематике, связанной с использованием несепарированной подсырной сыворотки (ее белкового компонента), являлись исследования А. Ф. Лафишева, краткое содержание которых излагается ниже, применительно к реализованному в отрасли бренду сыра Адыгейский Альпийский [46]. Именно данное положение — практика использования, подтверждает феномен молочной сыворотки на примере одного из ее компонентов, кстати, не всегда и не всюду оцененного по достоинству — т. н. «альбуминного молока».

Мягкий сыр Адыгейский Альпийский. При производстве данного вида сыра используется смесь цельное молоко — подсырная сыворотка. При отсутствии молока в смеси получаемый продукт по физико-химическим и органолептическим показателям характеризуется, как альбуминная масса. При дозе молока в смеси 10–20 % консистенция и влажность продукта аналогичны сырной массе. С повышением дозы молока в смеси до 30 % и выше влажность, структура и органолептические показатели белково-жирового продукта характеризуют его как мягкий сыр, аналогичный Адыгейскому. По совокупности органолептических, физико-химических показателей и максимального использования сыворотки в составе сырья наиболее приемлемым признан сыр в составе сырьевого компонента имевшего 40 % цельного молока и 60 % подсырной сыворотки. Следует обратить внимание, что данное соотношение является идеальным по теории детского питания. Кроме того, было установлено, что наибольшее влияние на полноту выделения белков и жира оказывают сухие вещества и кислотность молочного сырья. Максимальный выход продукта наблюдался при наивысшем содержании сухих веществ и титруемой кислотности сырьевых молочных компонентов в пределах 18–22 °Т.

С увеличением температуры с 75 до 95 °С увеличивается полнота выделения белково-жирового продукта, о чем свидетельствует снижение остаточного содержания белка и жира в молочной сыворотке при всех уровнях pH (рис. 19.3). Наилучшими параметрами совместной термокислотной коагуляции белков молока и молочной сыворотки являются температура 95 °С, выдержка 30 мин, pH 5,1–5,3. При этих значениях в депротенизированной сыворотке остается минимальное содержание жира (0 %) и белка (0,24 %); влажность в готовом продукте — в пределах 54–57 % [47, 48].

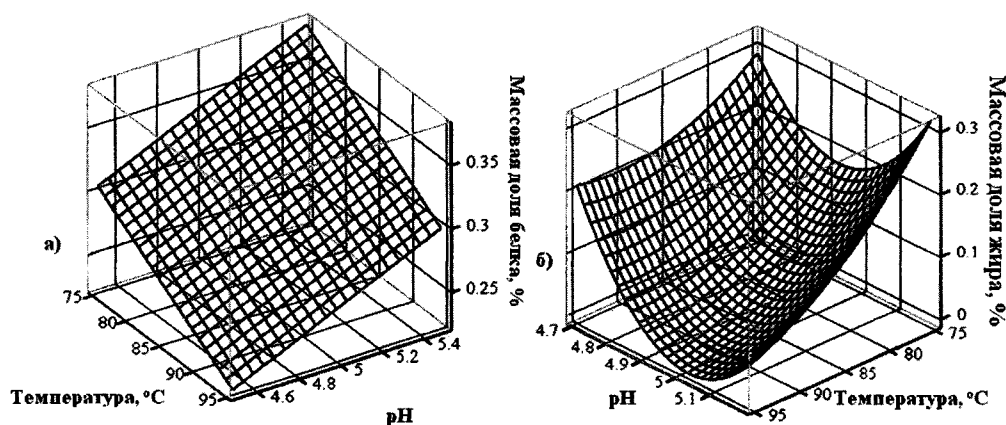


Рис. 19.3. Влияние температуры коагуляции и активной кислотности на остаточное содержание белка (а) и жира (б) в молочной сыворотке

На предприятиях, выпускающих термокислотные сыры типа Адыгейского, традиционно для достижения требуемой кислотности сыворотки проводят ее ферментацию бактериальными заквасками термофильных молочнокислых микроорганизмов, как правило, *Lb. bulgaricum*, *Lb. helveticum*, хотя возможно применение и другой термофильной микрофлоры, как в виде заквасок прямого внесения, так и традиционные (трехпересадочные) [35]. В данном случае в качестве подкисляющего агента при производстве мягкого сыра Адыгейский Альпийский используется *Lb. acidophilus* 12 б.

Выработка сыра по установленным в ходе экспериментальных исследований параметрам позволяет вовлекать в коагулированную массу 86 % белка, 100 % жира и 66 % сырной пыли,

находящихся в сырьевых компонентах. При этом органолептическая оценка консистенции продукта была наивысшей: 9,5–10 баллов [49]. Указанные режимы коагуляции обеспечивают получение сыра хорошего качества и использовались при разработке технологии мягкого сыра с фирменным названием Адыгейский Альпийский, прототипом которого является сыр мягкий Адыгейский.

При разработке технологии сыра Адыгейский Альпийский исследовали влияние доли молока в смеси (X) на расход сырья (Y). Результаты экспериментальных исследований графически изображены на рис. 19.4 и аппроксимированы формулой:

$$Y = 47,536 - 3,446 \cdot X + 0,137 \cdot X^2 - 0,003 \cdot X^3 + 2,358e - 5 \cdot X^4 - 7,954e - 8 \cdot X^5 + eps$$

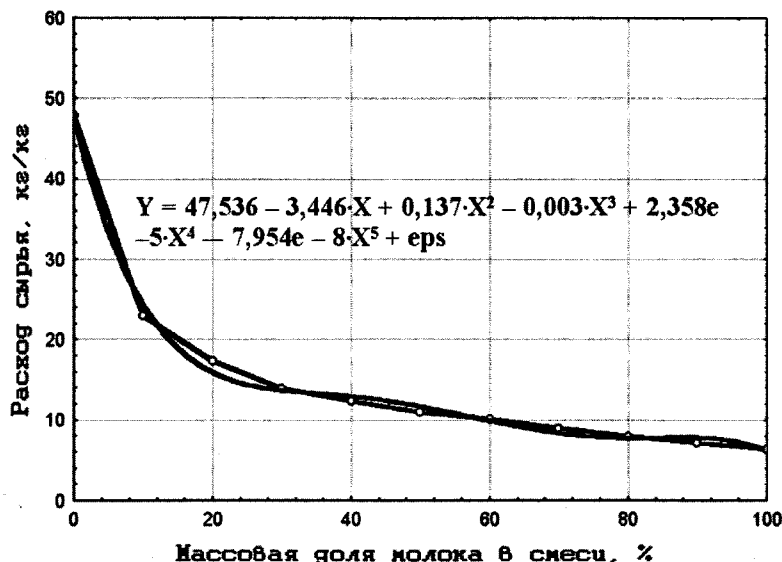


Рис. 19.4. Зависимость расхода сырья от массовой доли молока в смеси при производстве белково-жирового продукта

Графическая зависимость показала, что с увеличением доли молока в смеси «цельное молоко — сыворотка» снижается ее расход на производство 1 кг сыра. Полученные результаты служили для практического определения расхода смеси при производстве сыра. Так, например, при дозе молока в смеси 40 % ее расход составляет 13,2 кг на 1 кг сыра.

Для формирования нового сыра наиболее простым способом является налив. Для отделения сырной массы от сыворотки лучше использовать пластмассовые формы, выдерживающие длительную эксплуатацию при высоких температурах отваривания белков (95–96 °С). Поскольку целесообразно производить сухой солью во время и/или после формирования в несколько этапов. Самопрессование производится в течение 2–3 ч.

Изучение процесса хранимоспособности сыров, упакованных в барьерные термоусадочные пакеты ВВ-3, позволило определить оптимальные режимы хранения: температура 0–6 °С, относительная влажность воздуха 85–90 %, продолжительность хранения 30 суток. Для улучшения стойкости сыров при хранении и придания им специфического вкуса и аромата можно сыры подвергать копчению. В качестве источника коптильных веществ используют дым, полученный при сгорании древесины (дуб, бук). Во избежание деформации

головок и излишнего вытапливания жира рекомендовано копчение проводить при температуре от 24 °С в начале процесса и до 45 °С в конце копчения. Продолжительность процесса от 14 до 18 ч. Затем сыры помещают на одни сутки в камеру для охлаждения при температуре от 0 до 6 °С, а после охлаждения упаковывают в барьерные пакеты ВВ-3 [50]. Потеря влаги при копчении сыра составляет 3,9%, потеря жира в пересчете на сухое вещество сыра — 5,2%. По органолептическим показателям сыры дымового копчения после 60-суточного хранения обладали выраженным вкусом и запахом копчения, привлекательным золотистым, светло-коричневым цветом.

Аппаратурно-процессовая схема производства мягкого сыра Адыгейский Альпийский приведена на рис. 19.5.

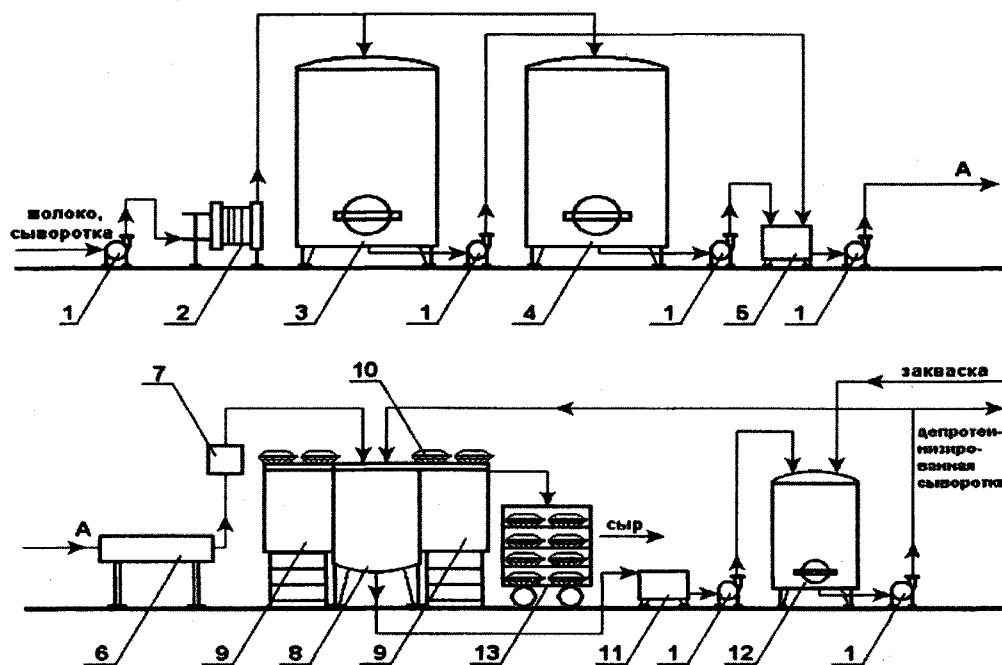


Рис. 19.5. Аппаратурно-процессовая схема производства сыра Адыгейский Альпийский 1 — насос; 2 — охладитель; 3 — резервуар для молока; 4 — резервуар для сыворотки; 5 — уравнительный бачок; 6 — трубочатый пастеризатор; 7 — пароконтактный нагреватель; 8 — аппарат для отваривания белков; 9 — формовочный стол; 10 — формы; 11 — фильтр; 12 — резервуар для депротеинизированной сыворотки; 13 — тележка для сыра.

Для производства сыра используется в основном серийно-выпускаемое и приспособленное оборудование. С учетом того, что традиционно применяемые для получения сыров термостойкого способа осаждения ВДП не совсем приспособлены для отваривания белков, были подобраны для этих целей эмалированные аппараты марки ЧЭрн 0,63 и ЧЭрн 1,25 применяемые в химической и пищевой промышленности. Стеклоэмалевое внутреннее покрытие аппаратов позволяет отваривать белки без пригара. Для уменьшения пригара при догревании сыворотки (после трубчатого пастеризатора) с 70 до 95 °С рекомендовано использовать пароконтактный подогреватель.

Сыр Адыгейский Альпийский имеет высокую степень соответствия состава формуле сбалансированного питания по белку (22 %) и жиру (24 %). По этим показателям он близок к адыгейскому сыру, аналогичные показатели которого составляют 18 и 25 %. Расчет аминокислотного сора показал высокую биологическую ценность белков сыров Адыгейский Альпийский и Адыгейский. Для всех незаменимых аминокислот скор превышал 100 % (табл. 19.6) [51].

Таблица 19.6. Аминокислотный скор сыров Адыгейский и Адыгейский Альпийский

Аминокислоты	Уровень, предлагаемый ФАО/ВОЗ, г/100 г белка	Сыр Адыгейский (контроль)		Сыр Адыгейский Альпийский (опыт)	
		Содержание, г/100 г белка	Скор, %	Содержание, г/100 г белка	Скор, %
Валин	5,0	6,08	121,6	6,69	133,8
Изолейцин	4,0	5,02	150,5	6,16	154,0
Лейцин	7,0	7,96	113,7	8,91	127,3
Лизин	5,5	8,11	147,4	8,93	162,4
Метионин + Цистин	3,5	3,5	100	3,6	102,8
Треонин	4,0	4,00	100	4,03	100,7
Триптофан	1,0	1,24	124	1,47	147,0
Фенилаланин + Тирозин	6,0	6,46	107,7	7,89	131,5

Сыр Адыгейский Альпийский по показателям перевариваемости и утилизации белка имеет близкие, а по биологической ценности превышающие аналогичные значения традиционного сыра Адыгейский (табл. 19.7) [52].

Таблица 19.7. Показатели биологической ценности сыров Адыгейский и Адыгейский Альпийский

Показатели	Сыр Адыгейский	Сыр Адыгейский Альпийский
Перевариваемость, %	97,6 ± 0,81	98,9 ± 0,74
Утилизация белка, %	87,5 ± 2,05	89,8 ± 3,08
Биологическая ценность, %	96,9 ± 0,83	98,6 ± 0,83

Проведенные маркетинговые исследования показали, что наибольшее предпочтение потребители отдают мягким сырам в мелкой упаковке — 350, 500 и 700 г соответственно по мере убывания покупательского спроса. Экономический эффект от производства 1 т сыра Адыгейский Альпийский составляет 8,5 тыс. руб., что на 3 тыс. руб. больше по сравнению с традиционным сыром Адыгейский (в ценах 2002 г.).

Применение несепарированной подсырной сыворотки при производстве мягких сыров позволяет рационально использовать составные части молочного сырья. Содержащиеся в подсырной сыворотке биологически ценные сывороточные белки и аналогичные им по качеству белки оболочек жировых шариков наряду с сырной пылью и молочным жиром технологически рационально совмещены и с помощью их биотрансформации направленно воплощены в составе белково-жировых продуктов (мягких сыров). Совместная термокислотная коагуляция казеина цельного молока и сывороточных белков несепарированной подсырной сыворотки с получением на их основе белково-жировых продуктов по малоотходной техно-

логии позволяет исключить процесс сепарирования, что также дает дополнительный экономический эффект.

19.2.4. Использование денатурированных сывороточных белков в технологии мягких термокислотных сыров

С. В. Манылов [53] под руководством проф. И. А. Смирновой, в рамках широкомасштабных исследований школы КемТИПП проф. Л. А. Остроумова по проблематике белково-жировых продуктов, проработал тему по обогащению термокислотных сыров и творога концентратами денатурированных сывороточных белков (КДСБ) на примере *Simplex*[®]-100. При этом исследования проводились в плане реализации идеологии использования микропартикулятов белков молока (глава 11). Ниже излагаются результаты по использованию КДСБ в производстве сыров; по творогу информация далее.

Введение в состав обезжиренного молока белкового имитатора жира на основе КДСБ придает сгустку более нежную консистенцию, что необходимо при производстве мягких сыров. С целью разработки технологии мягкого сыра с КДСБ необходимо было выяснить, как влияет массовая доля концентрата денатурированных сывороточных белков на органолептические показатели готового продукта и предельное напряжение сдвига (ПНС) сгустка.

Установлено, что по мере увеличения концентрации КДСБ марки *Simplex*[®]-100 посторонние привкусы усиливаются. Наиболее приемлемыми сенсорными свойствами обладали образцы с содержанием КДСБ 1,0 и 1,5% к массе обезжиренной смеси. Характер связей между температурой и предельным напряжением сдвига в нежирных термокислотных сырах имеет линейную зависимость (рис. 19.6).

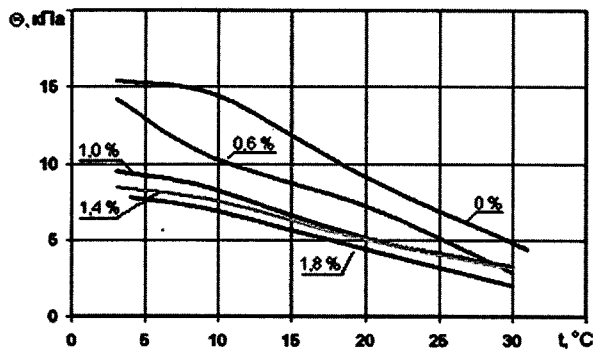


Рис. 19.6. Зависимость ПНС термокислотных сыров от температуры при различном содержании КДСБ в исходной смеси с обезжиренным молоком

Теоретическое представление зависимости между содержанием белкового имитатора жира, температуры и предельным напряжением сдвига позволительно выразить как плоскость, описываемую следующим уравнением (критерий Фишера $F = 1,9 < F_T$):

$$\Theta = 15,2415 - 0,2998 \cdot t - 3,1569 \cdot C_s, \quad (19.1)$$

где C_s — массовая доля *Simplex*[®]-100 в обезжиренной смеси, %
 t — температура продукта, °C.

Полученные результаты согласуются с итогами сенсорного анализа консистенции и позволяют определить наиболее приемлемое количество КДСБ: от 1,0 до 1,5 кг/100 кг обезжи-

ренного молока для сгустков, получаемых термокислотной коагуляцией, а также объективно указывают на целесообразность использования белковых имитаторов жира для снижения твердости продукта и придания сгустку более нежной консистенции.

На основе проведенных исследований разработана оригинальная технология нового молочно-белкового продукта — мягкого термокислотного сыра Антей, который вырабатывается из обезжиренного молока с добавлением сухого концентрата денатурированных сывороточных белков (КДСБ), путем термокислотной коагуляции полученной смеси, формованием, самопрессованием и посолкой. Технологическая схема производства приведена на рис. 19.7.

В целом проведенные исследования и их практическая апробация подтвердили целесообразность и возможность использования денатурированных белков молочной сыворотки в технологии термокислотных (мягких) сыров на кластерном уровне — нанотехнология.

19.2.5. Сывороточные пастообразные сыры

К сывороточным сырам можно отнести сыры пастообразные рекомбинированные «Био-Тон» (разработчиком технической документации является ВНИИКИМ). Вырабатываются сыры следующих видов: Дюймовочка — пастообразный сладкий; Острый — пастообразный острый.

В качестве сырья при выработке этих сыров используют сыворотку деминерализованную подсырную сухую, сыворотку подсырную сгущенную с массовой долей сухих веществ 60 %, сыворотку подсырную сухую, молоко обезжиренное сухое, сливки пластические с массовой долей жира 65 %, сахар-песок, сироп клубничный или вишневый, крахмал картофельный модифицированный, аджику. Вместо пластических сливок допускается использование масла сладкосливочного, любительского или крестьянского с соответствующим пересчетом по количеству жира. В качестве солей-плавителей используют смесь триполифосфата натрия (85 %) и натрия пиррофосфорнокислого трехзамещенного (пищевого) в виде 20 и 25 %-ных растворов или натрия фосфорнокислого двухзамещенного в виде кристаллической соли.

19.2.6. Использование молочной сыворотки и сывороточных белков в производстве плавленых и домашних сыров

Один из возможных путей использования дополнительных резервов молока — максимальное включение в рецептуры плавленых сыров белково-углеводных компонентов, полученных из подсырной и творожной сыворотки. К ним относятся: сыворотка подсырная сухая и сгущенная, гидролизованная сгущенная, сгущенная деминерализованная, масса альбуминовая из подсырной сыворотки, масса белковая, полученная методом ультрафильтрации, сухой концентрат сывороточных белков, полученных методом ультрафильтрации, сироп гидролизованной лактозы, глюкозо-галактозный сироп «Глюколакт» [54].

Согласно действующему «Сборнику технологических инструкций по производству плавленых сыров», в рецептуры плавленых сыров могут быть включены следующие компоненты (в % от общей массы компонентов смеси) из вторичного молочного сырья на основе сыворотки:

- взамен нежирного сыра и обезжиренного творога: альбуминовая масса из подсырной сыворотки — от 7 до 10 %; белковая масса, полученная методом ультрафильтрации — не более 10 %;
- взамен нежирного сыра и сухого молока: сыворотка подсырная сгущенная — не более 3 %, сухая — от 1,5 до 2 %, сухой концентрат сывороточных белков, полученных методом ультрафильтрации — не более 3 %, сыворотка деминерализованная — не более 5 %;

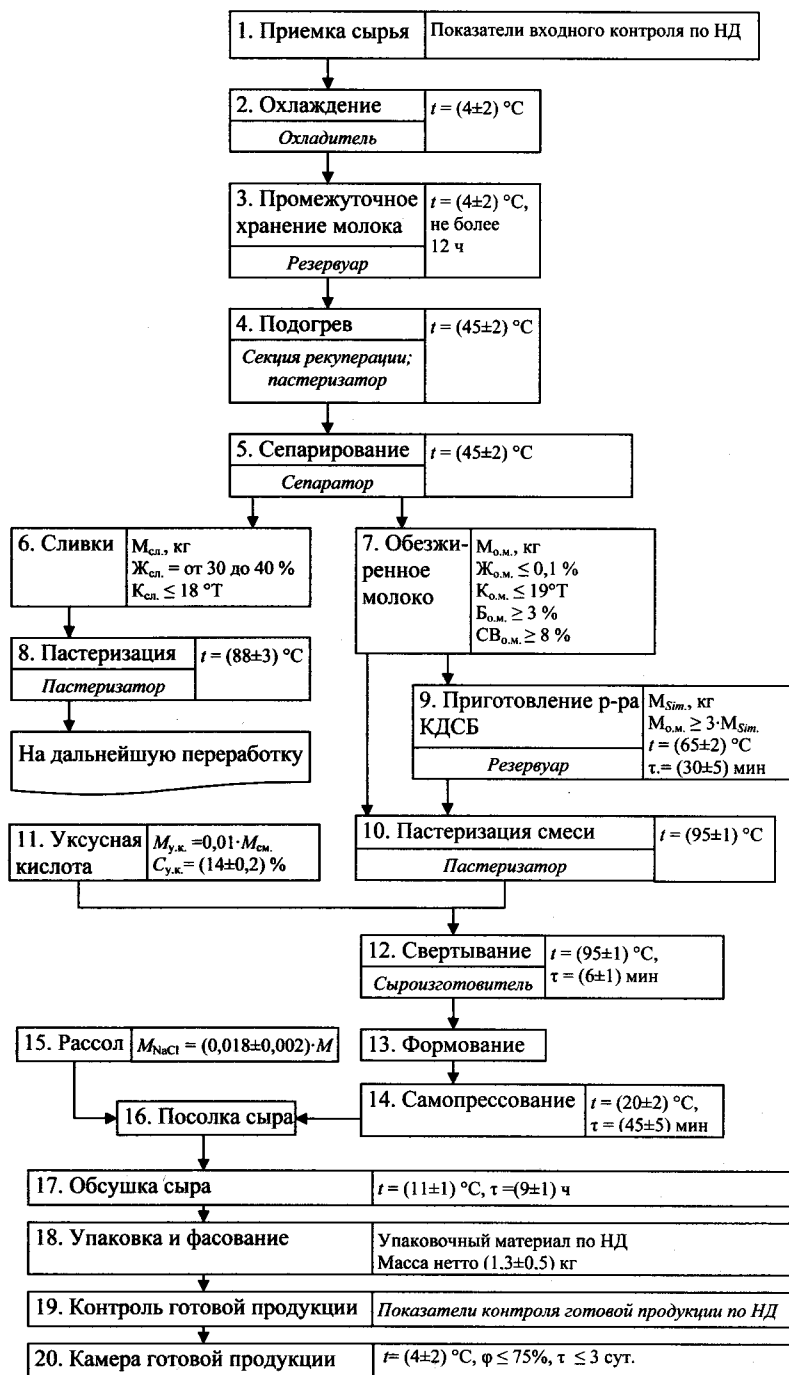


Рис. 19.7. Технологическая схема производства сыра «Антей»

— взамен сахара и частично нежирного сыра при производстве сладких плавленых сыров: сыворотка гидролизованная сгущенная (60 % сухих веществ, в том числе 40 % сахаров) — не более 8 %, глюкозо-галактозный сироп Глюколакт — не более 12 %.

Как правило, превышение количества вносимых добавок выше рекомендованных концентраций приводит к снижению органолептических показателей готового продукта, что существенно ограничивает возможности их использования. В то же время введение в рецептуру плавленых сыров нескольких добавок сопровождается возникновением между ними двойных и тройных взаимодействий, что в определенных комбинациях приводит к улучшению вкуса и стабилизации консистенции.

В молочной промышленности России и за рубежом в настоящее время находит довольно широкое применение обогащение молочной продукции сывороточными белками [55]. Их использование, например, при производстве мягких сыров, позволяет расширить ассортимент, повысить пищевую и биологическую ценность готового продукта. Аминокислотный состав сывороточных белков наиболее близок аминокислотному составу мышечной ткани человека, а по содержанию незаменимых аминокислот (лизина, триптофана, метионина, треонина) и аминокислот с разветвленной цепью (валина, лейцина и изолейцина) они превосходят все остальные белки животного и растительного происхождения. Кроме того, примерно 14 % белков молочной сыворотки находится в виде продуктов гидролиза, являющихся инициаторами пищеварения и участвующих в синтезе большинства жизненно важных ферментов и гормонов.

В Омском ГАУ, совместно с Восточно-Сибирским ГТУ, разработана технология домашнего сыра, в состав рецептуры которого вводится КСБ-УФ, как источник полноценного, относительно дешевого сырья, а также как бифидогенный фактор, стимулирующий рост и развитие полезной микрофлоры [56]. Проведенные исследования позволили сделать вывод, что КСБ-УФ не только увеличивает биомассу полезной микрофлоры в готовом продукте, повышает его пищевую и биологическую ценность, но также улучшает переваримость белков домашнего сыра пищеварительными ферментами *in vitro* и увеличивает продолжительность хранения по сравнению с контрольным образцом, выработанным без КСБ-УФ.

19.3. Использование несепарированной творожной сыворотки в технологии творога и творожных изделий

Системные исследования по данному вопросу были поставлены по рекомендации промышленности (ген. директор МК «Ставропольский», канд. техн. наук, засл. работник пищевой индустрии РФ С. В. Анисимов) начальником цеха творожных изделий предприятия В. М. Клепкер в рамках канд. дисс. [57], что, естественно, наложило отпечаток на постановку задачи исследований работы — практическая составляющая в виде торгового бренда «Здоровое питание». Результаты исследований излагаются кратко ниже.

Теоретической предпосылкой проведения работы, аналогично сыроделию, являлась проблема использования молочного сырья и его составных частей при производстве творожных продуктов на примере глазированных сырков с лактулозой в качестве бифидогенного фактора. Логистика решения поставленных вопросов включала следующие положения.

При использовании творожной сыворотки кислотностью 65 °Т и рН 4,4 совместное осаждение сывороточных белков и казеина молока весьма затруднено, так как при нагревании кислой сыворотки до температуры 60 °С сывороточные белки коагулируют раньше казеина. Выделяемый белок оседает в виде пыли, которую трудно выделить и использовать [58]. В связи с этим было предложено использовать для раскисления творожной сыворотки процесс электрохимической активации. Совместное осаждение сывороточных белков и казеина проводили следующим образом: творожную сыворотку раскисляли до рН 6,3–6,5 в катодном

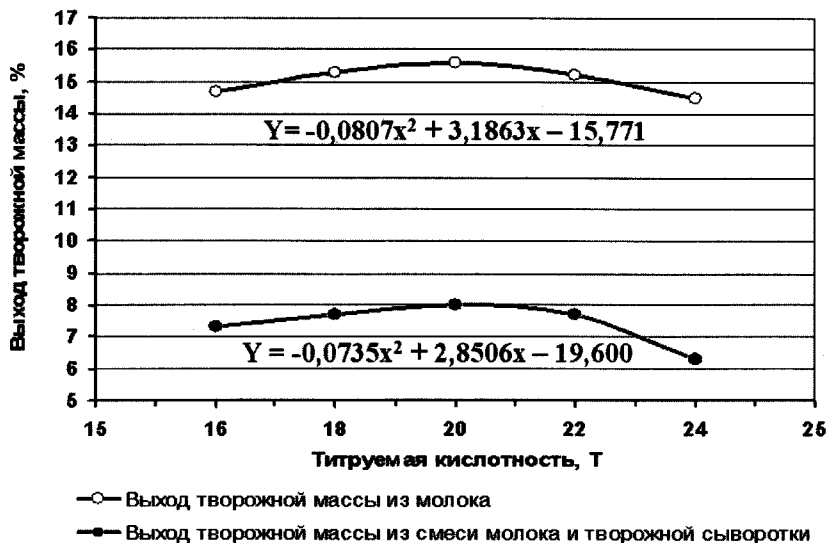


Рис. 19.8. Влияние титруемой кислотности молока и смеси молока с творожной сывороткой на выход творожной массы

камере электроактиватора, затем сыворотку нагревали до 70 °С, смешивали в определенной пропорции с молоком, нагревали до 95 °С и вводили коагулянт (уксусную кислоту или кислотную сыворотку). Влияние титруемой кислотности молока и смеси молока с творожной сывороткой на выход творожной массы графически представлено на рис. 19.8.

Максимальный выход продукта наблюдался при титруемой кислотности 17–22 °Т. При дозе молока в смеси от 10 до 30 % консистенция и влажность продукта аналогичны творожной массе. С повышением дозы молока в смеси до 40 % и выше влажность, структура и органолептические показатели продукта характеризуют его как плотную сырную массу. На рис. 19.9 от-

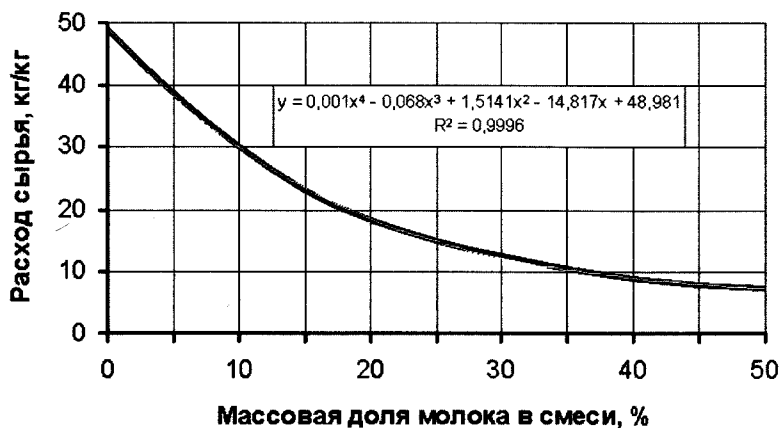


Рис. 19.9. Влияние соотношения молочных компонентов в смеси на выход творожного продукта

ражено, как влияет массовая доля молока в смеси на расход сырья при производстве творожного продукта.

Полученная зависимость показывает, что с увеличением доли молока в смеси «цельное молоко — сыворотка» снижается ее расход на производство 1 кг продукта. При 100 % содержании сыворотки в смеси ее расход аналогичен расходу на производство альбуминной массы. Полученные результаты служат для практического определения расхода смеси при производстве творожной массы. Так, например, при дозе молока в смеси 30 % расход ее составляет 13,1 кг на 1 кг творожного продукта.

По совокупности органолептических, физико-химических показателей и максимального использования сыворотки в составе сырья наиболее приемлемым признан продукт в составе сырьевого компонента имевшего 30 % молока и 70 % творожной сыворотки. Для получения оптимальной влажности готового продукта в пределах 60–65 % необходимо соблюдать следующие параметры коагуляции: температура 95 °С; выдержка 15–20 мин., pH в пределах 5,0–5,1. При этом органолептическая оценка консистенции продукта была наивысшей: 9,5–10 баллов.

Выработка творожного продукта по установленным параметрам коагуляции позволяет вовлекать в скоагулированную массу белок, жир и казеиновую пыль, находящуюся в творожной сыворотке (рис. 19.10).

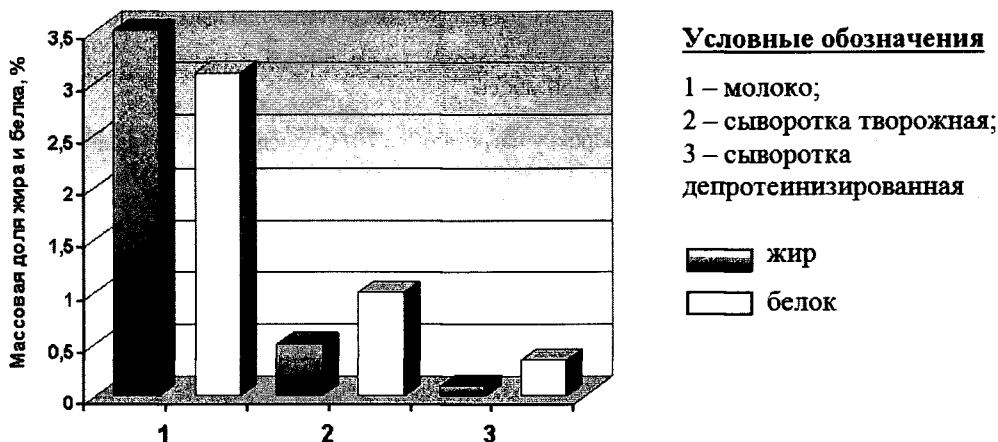


Рис. 19.10. Содержание жира и белка в молоке, творожной сыворотке до и после коагуляции

Количество казеиновой пыли в депротеинизированной сыворотке уменьшается в 3 раза по сравнению с ее начальным содержанием, а содержание белка в молочной сыворотке снижается в 7 раз. Таким образом, в белково-жировой продукт переходит из сырьевых компонентов 60 % казеиновой пыли, 80 % белка и 94 % жира.

При разработке технологии семейства глазированных сырков бренда «Здоровое питание» в состав творожной массы вводили концентраты лактулозы [59]. Учитывая высокий покупательский спрос на глазированные сырки с начинкой из сгущенного молока с сахаром, представляло как научный, так и практический интерес определение влияния массовой доли лактулозосодержащего сиропа на структурно-механические свойства начинки. По результатам проведенных исследований установлено, что внесение в творожную массу фармакологической дозы 1 % лактулозы в виде сиропа не оказывает значительного влияния на реологические характеристики творожной массы, за исключением показателя напряжения сдвига,

на который оказывает существенное влияние также вводимый в массу свекловичный сахар (табл. 19.8).

Таблица 19.8. Реологические характеристики творога и сладких творожных масс

Продукты	Реологические характеристики			
	Напряжение сдвига, Па	Эффективная вязкость, η_{sp} , Па·с	Эффективная вязкость при единичном значении круговой скорости V , Па·с	Коэффициент уравнения, n
Творог, 23 % жирности	87,0	31,5	1,5	0,56
Творожная масса с сахаром	260,5	30,2	5,8	0,62
Творожная масса с сиропом лактулозы	259,4	30,5	5,7	0,61

Также было установлено, что с технологической точки зрения формировать сладкую творожную массу необходимо при низких температурах (5 ± 1) °С.

На основании проведенных исследований и оптимизации технологических процессов была разработана технологическая схема производства семейства глазированных сырков с лактулозой бренда «Здоровое питание» [60]. Расчет аминокислотного сгора показал высокую биологическую ценность белков инновационных творожных изделий. Для всех незаменимых аминокислот скор превышал 100 %.

В ходе исследований физико-химических и микробиологических показателей сырково-творожных продуктов установлены оптимальные режимы хранения: при 5 °С — 30 сут, при 18 °С — 5 сут.

Прибыль от производства 1 т сырков с лактулозой составляет 9,1 тыс. руб. (в ценах 2004 г.), что на 5,5 тыс. руб. больше по сравнению с традиционным видом творожных сырков. Экономический эффект от производства 1 т сырков составляет 1,86 тыс. руб. [61]

Влияние денатурированных сывороточных белков на технологию обезжиренного творога. Аналогично проблематике по мягким (термокислотным) сырам С.В. Манылов [53] проработал тему по обогащению обезжиренного творога концентратами денатурированных сывороточных белков (КДСБ).

Для изучения влияния КДСБ на органолептические свойства готового продукта были выработаны опытные образцы творога, полученные методом кислотно-сычужной коагуляции с различным содержанием имитатора жира (массовая доля КДСБ от 0 до 1,5 %). Были установлены параметры технологического процесса, оптимальные для получения творога: доза КДСБ — 1 % к массе сквашиваемой смеси; доза вносимой закваски — 6 %; масса вносимого молокосвертывающего фермента — 4 г/1000 кг смеси.

В результате проведенных исследований была разработана технология обезжиренного творога «Антей», технологический процесс которого осуществляется в следующей последовательности:

- приемка молока и сепарирование;
- подготовка и внесение концентрата денатурированных сывороточных белков;
- пастеризация и охлаждение молочно-белковой смеси;
- заквашивание и сквашивание смеси;
- разрезание сгустка, отделение сыворотки и розлив сгустка;
- прессование сгустка;
- охлаждение, упаковка, маркировка и доохлаждение творога;
- замораживание творога.

Органолептические и физико-химические свойства творога представлены в табл. 19.9.

Таблица 19.9. Показатели качества обезжиренного творога «Антей»

Наименование показателя	Значение
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом пастеризации
Поверхность сгустка	Ровная, глянцевая
Консистенция	Однородная, мягкая, слегка мажущаяся, незначительное отделение сыворотки
Цвет	От белого до светло-кремового, равномерный по всей массе
Кислотность сгустка, °Т	190–230
Массовая доля белка, %, не менее	20–23
Массовая доля жира, %, не более	0,1
Массовая доля влаги, %, не более	73
Температура при выпуске с предприятия, °С	2–6
Энергетическая ценность, кДж (ккал)	369,4 (88)

Одно из направлений совершенствования технологии традиционного творога связано с баромембранными процессами переработки молочной сыворотки. Оно заключается в концентрировании белков творожной сыворотки (КБТС) на основе метода ультрафильтрации и их возвращение затем в технологический процесс производства творога [62]. Во ВНИМИ проработано несколько схем производства творога с использованием КБТС в различных пропорциях. Рассматривались возможности использования КБТС как при периодическом способе производства творога, так и при непрерывно-поточном, например, на линиях типа Я9-ОПТ конструкции ВНИМИ. Последний способ дает большие возможности добавления КБТС на различных стадиях поточного способа производства творога. На основе обогащения творога КБТС разработана технология продукта «Паста творожная». По-видимому, изложенные выше предпосылки могут быть основой для создания новой ассортиментной группы молочных продуктов — творожных сыров. Критерий истинности — практика.

19.4. Использование молочной сыворотки при производстве структурированных продуктов питания

На основе теоретических исследований А. Ю. Просеков [63, 64] сформулировал концепцию формирования молочных пенообразных дисперсных систем, которая полностью соответствует молочной сыворотке.

Молочная сыворотка представляет собой многофазную гетерогенную систему коллоидного раствора белковых веществ, эмульсии молочного жира, истинного раствора солей и лактозы в дисперсионной среде. Кроме того, дисперсные системы молочной сыворотки влияют друг на друга, находясь при этом в динамическом равновесии. Все это объясняет неоднозначность и изменчивость свойств молочных систем при формировании межфазных пленок пенообразных дисперсных систем (ПДС).

Закономерности межфазных поверхностных явлений состоят в том, что каждая из подсистем, участвующих в формировании ПДС, изменяет свои нативные свойства при пенообразовании, то есть при получении единой целостной системы под действием внешних (механических, термических) и внутренних факторов (сил притяжения и отталкивания, обусловленных электростатическим взаимодействием, сил поверхностного натяжения и т.д.). Наибольшее

число факторов, влияющих на процесс пенообразования, связано с внутренними параметрами (исходным составом молочной сыворотки).

Из физико-химических свойств особое значение имеют поверхностно-активные контакты компонентов дисперсионной среды на границе раздела фаз. Важным критерием оценки происходящих в системах коллоидных явлений служит поверхностное натяжение на границе раздела фаз (табл. 19.10).

Таблица 19.10. Поверхностное натяжение на границе раздела фаз (сталагмометрический метод)

Граница раздела фаз	Поверхностное натяжение, $\sigma \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$
Молочный жир — дисперсионная среда	$14,7 \pm 0,72$
Молочный жир — 1 % раствор сывороточных белков	$18,6 \pm 0,92$
Молочный жир — 1 % раствор казеина	$22,7 \pm 1,12$
Молочный жир — вода	$25,0 \pm 1,23$
Молочный жир — воздух	$31,5 \pm 1,55$
Дисперсионная среда — воздух	$43,5 \pm 2,14$

Несмотря на то, что все фазы в молочной сыворотке находятся в термодинамическом равновесии, каждая из рассмотренных коллоидных систем в разной степени обуславливает ее поверхностно-активные свойства и, тем самым, отражает интегральную величину, характеризующую коллоидные свойства биологической системы «молочная сыворотка».

Рассматривая механизм формирования дисперсной фазы пенообразных дисперсных систем на основе парадокса Даламбера и межфазных пленок, необходимо указать на их полное совпадение с молочным сырьем и особенно молочной сывороткой. Пенообразные массы можно получить физическими и химическими способами, причем в основу физических (наиболее часто встречающихся) способов положен принцип механического внедрения газа в дисперсионную среду. Управляя процессом пенообразования, можно снизить потери веществ, входящих в состав молочных жидкостей. В табл. 19.11 приведены возможные направления использования пенообразующих свойств молока в технологии молочных продуктов, которые полностью относятся к молочной сыворотке.

Таблица 19.11. Прогноз использования пенообразующих свойств в прикладных целях [62]

Варианты использования	Сущность явления	Достоинства способа	Сдерживающие факторы в развитии способа
Пеносушка	Увеличение площади испарения	Быстрота и дешевизна	Невозможность получения многих молочных продуктов
Фракционирование	Флотация жировой фазы или коллоидного раствора белков в межфазную поверхность	Малоэнергозатратность	Сложность подбора газа, режимов барботирования и воздухоподготовки; интенсификация липолиза
Криосублимация	Увеличение площади испарения	Быстрый отвод тепла из каналов ПДС	Невозможность получения ПДС с заданным составом и свойствами, сложность воздействия исключительно на каналы

Окончание табл. 19.11

Варианты использования	Сущность явления	Достоинства способа	Сдерживающие факторы в развитии способа
Консервирование (гибель микроорганизмов)	Гибель микроорганизмов за счет озонирования и обработки другим газом из-за увеличения поверхности раздела фаз	Высокая эффективность при низкой энергоемкости	Дороговизна озона (или другого газа), активизация нежелательных биохимических и физических изменений в обрабатываемой системе
Смешивание (получение однородных систем)	Турбулизация потоков при пенообразовании	Высокая интенсивность и эффективность процесса за счет включения новой фазы	Сложность удаления воздуха из смеси
Повышение пищевой ценности продуктов	Увеличение атакующести ферментами	Большинство продуктов лучше усваиваются из дисперсий	Нарушение технологии традиционных продуктов
Интенсификация брожения	Ускорение биохимических реакций в присутствии кислорода	Малая энергоемкость активизации микроорганизмов	Антагонизм газа и некоторых микроорганизмов, сложность подбора параметров газа

Применительно к молочной сыворотке указанные выше положения и процессы имеют особую актуальность, в том числе для практических целей — пеносушка [65], сгущение [30] и, безусловно, производство диспергированных продуктов.

19.4.1 Технология продуктов на основе пенообразных дисперсных систем молочной сыворотки

Коктейли молочно-яичные структурированные. Молочная сыворотка является хорошей основой для производства структурированных тонизирующих напитков, в частности коктейлей. При производстве на ее основе структурированных коктейлей с целью повышения пищевой и биологической ценности молочной сыворотки в ее состав вводится яичный порошок. Технологический процесс производства коктейлей включает следующие операции:

- восстановление яичного порошка, пастеризацию при температуре 68 °С в течение не менее 30 мин. (увеличение температуры неизбежно приводит к денатурации термолабильных белков яичного порошка, которая имеет необратимый характер, начиная с температуры 70–71 °С);
- подготовку агара (промывание в проточной воде, замачивание в молочном сырье в соотношении 1 : 10–1 : 11,5);
- подогрев гидратированного стабилизатора до температуры 98–100 °С;
- охлаждение до температуры взбивания молочно-яичной композиции с последующим взбиванием при естественном охлаждении.

Готовые напитки при температуре 15–20 °С ароматизируют и охлаждают до температуры $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Особенностью коктейлей является некоторый синерезис жидкости (не более 50 % по высоте столба ПДС), который устраняется встряхиванием перед использованием. Молочно-яичные коктейли имеют продолжительность хранения при температуре $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ — не более 72 ч, при температуре 6–8 °С — не более 64 ч.

Аминокислотный состав структурированных молочно-яичных напитков приведен в табл. 19.12.

Таблица 19.12. Биологическая ценность структурированного напитка на основе творожной сыворотки

Показатель	Незаменимые аминокислоты						
	изолейцин	лейцин	метионин + цистин	фенилаланин + тирозин	треонин	триптофан	валин
Гипотетически идеальный белок (FAO/WHO), мг в 1 г белка	40,0	70,0	35,0	60,0	35,0	10,0	50,0
Содержание аминокислот в 1 г белка, мг	54	116	61	111	59	28	63
Скор., %	135	166	174	185	168	280	126

За счет обогащения молочной сыворотки яичным порошком, являющимся белковым продуктом со сбалансированным аминокислотным составом, повышается биологическая ценность продукта.

Сбивной полуфабрикат. При приготовлении сбивного полуфабриката в качестве структурообразователей используют желатин и пектин. Желатин предварительно замачивают в половине рецептурного количества пастеризованной творожной сыворотки на 0,5–1 ч для набухания. Пектин смешивают с сахаром-песком в соотношении 1 : 5, добавляют оставшееся количество сыворотки и выдерживают для набухания на 0,5–1 ч. Набухший желатин и пектин смешивают с оставшимся по рецептуре количеством сахара-песка и крахмала. Смесь нагревают при перемешивании до температуры 65–70 °С для растворения компонентов рецептуры. Полученную массу разливают в лотки и охлаждают при температуре (6 ± 2) °С в течение 3–4 ч. Затем студнеобразный полуфабрикат взбивают при (22 ± 2) °С в присутствии стабилизатора «Паста для сбивания» до получения пышной однородной массы. В конце взбивания тонкой струйкой вводят сироп из ягод с массовой долей сухих веществ 69–71 %. Полученную массу плотностью 540–530 кг/м³ разливают в формы и оставляют при (22 ± 2) °С на 1–2 ч для структурообразования. При получении сбивной массы с добавлением измельченной крошки печенья или измельченных обжаренных пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ) мелкодисперсные компоненты вносят в конце взбивания и перемешивают в течение 1–2 мин. Химический состав сбивного полуфабриката на основе творожной сыворотки представлен в табл. 19.13.

Таблица 19.13. Химический состав и энергетическая ценность сбивного полуфабриката на основе творожной сыворотки с добавлением сиропа из ягод черной смородины

Наименование показателя	Численные значения показателей	
	сбивной полуфабрикат	сбивной полуфабрикат с добавлением ПЗХ
Сухие вещества, %	53,0	49,5
Белки, %	2,4	2,6
Жиры, %	0,1	0,2
Усвояемые углеводы, %	47,5	42,9
в том числе моно- и дисахариды, %	47,0	42,2
Пектин, %	1,5	1,8
Агар, %	–	–
Органические кислоты, %	0,71	0,72
Зола, %	0,46	0,55
Энергетическая ценность, ккал	188	176

Сбивной полуфабрикат содержит 1,5% пектина, имеющего ценные функциональные свойства. Наличие в пектиновых веществах свободных карбоксильных групп галактуроновой кислоты обуславливает их свойство связывать в пищеварительном тракте ионы тяжелых металлов с образованием нерастворимых комплексов, которые удаляются из организма. Пектины выводят из организма радионуклеотиды, регулируют содержание холестерина и повышают устойчивость организма к аллергенным факторам [66]. Содержание пектина в 100 г сбивного полуфабриката составляет 25–3% рекомендуемой профилактической суточной нормы.

Использование творожной (кислой) сыворотки обуславливает более высокое содержание органических кислот в сбивном полуфабрикате, что позволяет отказаться от использования дорогостоящих пищевых кислот. Использование натуральных ягодных сиропов обогащает готовый продукт витамином С и биофлавоноидами, которые, помимо нормализации и укрепления капилляров кровеносно-сосудистой системы, обладают способностью ускорять восстановление дегидроаскорбиновой кислоты в аскорбиновую кислоту, повышая, таким образом, обеспеченность организма витамином С. В целом, сбивной полуфабрикат на основе творожной сыворотки, при невысокой калорийности, характеризуется повышенной биологической ценностью.

После отливки в формы сбивной полуфабрикат имеет гладкую, глянцевую поверхность, характеризующуюся значительной липкостью. С целью обоснования выбора материала форм для отливки сбивного полуфабриката исследовали его адгезионные свойства. Для снижения адгезии и сокращения количества отходов сбивного полуфабриката рекомендуется использовать формы из фторопласта. При использовании форм из других материалов их рекомендуется смачивать водой. Кроме того, на адгезионные свойства сбивного полуфабриката значительное влияние оказывало соотношение компонентов в составе рецептуры. При массовой доле сухих веществ 53%, соотношении пектин – желатин 1 + 1,7 и дозе ПАВ 0,5–1%, адгезионное взаимодействие сбивного полуфабриката с различными материалами уменьшалось.

Взбитые молочко и сыворотка. Объединяющими условиями выработки взбитого молочка и взбитой молочной сыворотки являются следующие факторы: высокотемпературная пастеризация при температуре 90–92 °С без выдержки; взбивание при 45 ± 2 °С; использование в качестве стабилизатора подготовленного агара в концентрации 1,0–1,5% к массе исходной смеси на заключительной стадии взбивания; использование плодово-ягодных пюре с целью улучшения органолептических показателей и повышения пищевой ценности. В табл. 19.14 приведен состав и свойства взбитого молочка и молочной сыворотки.

Таблица 19.14. Состав и свойства взбитого молочка и сыворотки

Наименование продукта	Массовая доля, %			Пенообразующая способность	Титруемая кислотность, °T
	сухих веществ	жира	агара		
Взбитое молочко					
«Нежное»	9,7	1,0	1,0	250	45
«Десертное»	11,5	3,0	1,3	280	45
«Экстра»	12,8	3,5	1,3	300	40
«Сливочное»	13,5	4,5	1,5	320	40
Взбитая молочная сыворотка					
«Плодово-ягодная»	8,6	0,5	1,0	320	70
«Ванильная»	8,6	0,5	1,0	320	60

К основным технологическим факторам, влияющим на формирование готовых продуктов, относятся температура пастеризации, массовая доля жира в нормализованной смеси, доза ягодного пюре (при его использовании) и стабилизатора. По органолептическим показателям взбитое молочко и взбитая молочная сыворотка отличаются от других взбитых продуктов, которые получены при взбивании в охлажденном состоянии, более крупной неоднородной пористостью (преобладающий размер частиц дисперсной фазы не менее 2 мм).

Учитывая, что ягодные пюре оказывают существенное влияние на органолептические показатели взбитого молочка и молочной сыворотки, были разработаны рекомендации по использованию конкретных видов сырья в производственных условиях (табл. 19.15).

Таблица 19.15. Рекомендации по использованию плодово-ягодных пюре

Продукт	Массовая доля жира, %	Рекомендуемый вид пюре
Взбитое молочко «Нежное», «Десертное»	0,05–3,2	Клюквенное, облепиховое, яблочное
Взбитое молочко «Десертное», «Экстра»	3,2–3,5	Яблочное, малиновое, сливовое, клубничное
Взбитое молочко «Сливочное»	4,0–6,0	Айвовое, персиковое, из фейхоа, абрикосовое
Взбитая сыворотка «Плодово-ягодная»	0,5	Брусничное, черноплодное, черничное, смородиновое

Основным критерием подбора являлась кислотность растительного компонента и массовая доля жира, а также цвет наполнителя (темноокрашенные компоненты имеют в кислой среде более светлый цвет). Из рассмотренных видов пюре универсальными качествами в отношении формирования органолептических показателей обладает айвовое, персиковое и абрикосовое пюре.

Экономическая эффективность выработки взбитых продуктов на молочной сыворотке обусловлена снижением удельного расхода молока-сырья и полуфабрикатов, что обеспечивает рациональное использование составных компонентов исходного сырья, а также получение дополнительной прибыли от реализации готовой продукции. Она составляет для (в руб./т):

- молочно-яичных белковых муссов 500–14 000;
- сбивного полуфабриката 3900;
- взбитого молочка и взбитой сыворотки 1400–2700.

19.4.2. Технология продуктов на основе желирования молочной сыворотки

Маркетинговые исследования рынка пищевых функциональных продуктов показали перспективность направления по производству фруктовых желированных продуктов из молочной сыворотки с полифункциональными ингредиентами. Сыворотка технологична в обработке, ее вкус хорошо сочетается со вкусом вводимых компонентов, и его можно регулировать в желаемом направлении.

Для создания продуктов на основе желирования молочной сыворотки С. Г. Козловым [67], в соответствии с результатами фундаментальных исследований (глава 9), были разработаны методические решения по проектированию многокомпонентных продуктов, в основу которых положен принцип аналитической комбинаторики. Сущность принципов состоит в совокупности операций, направленных на физико-химические, коллоидные, технологические и иные изменения состава и структуры. Ниже приведены аналитические уравнения для вычисления критериев комбинаторики.

Критерий стоимости профилактической потребности незаменимого нутриента пищи, K_c , руб.:

$$K_c = \frac{\mu \cdot c}{2 \cdot \omega \cdot \kappa}, \quad (19.2)$$

где: μ — суточная потребность в незаменимом нутриенте, мг;

c — стоимость продукта, руб./кг;

2 — коэффициент, учитывающий, что профилактической дозой нутриента является содержание около половины от рекомендуемой нормы;

ω — массовая доля незаменимого нутриента в выбранном сырье для комбинирования, мг %;

κ — коэффициент перевода г в кг.

Критерий повышения пищевой ценности, K_n :

$$K_n = \frac{\omega_n + (x \cdot \omega)}{\mu} \cdot 100, \quad (19.3)$$

где: ω_n — массовая доля незаменимого нутриента в традиционном продукте, мг/100 г;

x — доза сырья для комбинирования, %;

остальные обозначения — как в формуле (19.1).

Критерий органолептики, K_{op} — условная шкала оценки органолептических свойств от 0 до 1 (за 1 принимаются органолептические показатели традиционного продукта).

Критерий технологичности, K_t :

$$K_m = \frac{\sum \epsilon_t v_0}{\sum \epsilon_t v}, \quad (19.4)$$

где $\sum \epsilon_t v_0$, $\sum \epsilon_t v$ — продолжительность всех операций технологического процесса производства комбинированного и традиционного продукта, соответственно, ч;

v_0 , v — коэффициенты, учитывающие совмещение технологических операций комбинированного и традиционного продукта, соответственно.

Значения коэффициентов v_0 , v принимаем в зависимости от количества совмещений технологических операций, которые равны: при двух операциях — 0,98; при трех операциях — 0,95; при четырех операциях — 0,92; при пяти операциях — 0,89.

Критерий ограничения, K_o :

$$K_o = \frac{\sum \phi}{100 - \sum \phi}, \quad (19.5)$$

где $\sum \phi$ — сумма массовых долей наиболее значимых рецептурных компонентов, %.

Ниже рассмотрено поэтапное использование принципов аналитической комбинаторики на примере создания ресурсосберегающих технологий новых видов гелеобразных продуктов на основе молочной сыворотки.

На первом этапе выясняют, какими функциональными свойствами должен обладать продукт. Так, наиболее дефицитными веществами рациона являются железо, йод, селен, кальций, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины С, В₁, В₂, В₆, Е и др. Особенно неблагоприятно обстоит дело с аскорбиновой кислотой, недостаток которой, по обобщенным данным, отмечен у 80–90 % обследуемых людей, а его глубина достигает 50–80 %. При решении данной технической задачи необходимо учитывать, что источники для комбинирования различаются разнообразными характеристиками. Например, некоторые виды сырья имеют высокую стоимость, но при этом содержат значительное количество необходимого для обогащения нутриента. Напротив, другие характеризуются низким содержанием требуемого нутриента, но сами являются доступными и дешевыми.

После этого вычисляют критерий повышения пищевой ценности. Полученные значения сравнивают с физиологической нормой. В зависимости от этого увеличивают или уменьшают дозу обогащающего компонента. Комбинированным является такой молочный продукт, в котором на долю молочного сырья приходится не менее 50 %. Кроме того, нельзя увеличивать дозу добавки с одновременным ухудшением органолептических показателей продукта.

С этой целью определяют критерий органолептики, позволяющий оценить полученный результат и соотнести его с требованиями потребителей:

- $K_{ор} = 0,9-1,0$ — продукт имеет органолептические показатели, близкие к аналогичным характеристикам традиционных продуктов;
- $K_{ор} = 0,8-0,9$ — продукт имеет оригинальные органолептические показатели, не вызывающие негативного отношения потребителей;
- $K_{ор} = 0,7-0,8$ — продукт имеет органолептические показатели, которые не вызовут отвержения у потребителей при их достаточной подготовленности, например, при осведомленности о его полезных качествах;
- $K_{ор} \leq 0,7$ — комбинированный продукт имеет неудовлетворительные органолептические показатели.

В дальнейшем определяют оставшиеся два критерия, которые позволяют оценить возможность выпуска новой продукции в промышленных условиях. Критерий технологичности показывает, насколько длительность изготовления комбинированного продукта превышает длительность технологического процесса производства традиционного продукта, и позволяет установить целесообразность его выпуска на имеющемся оборудовании:

- при $K_т = 0,9-1,0$ комбинированный продукт имеет продолжительность технологического процесса, близкую к традиционным продуктам;
- при $K_т = 0,8-0,9$ комбинированный продукт имеет продолжительность технологического процесса, принципиально не отличающуюся от традиционных продуктов;
- если $K_т \leq 0,8$, то комбинированный продукт имеет продолжительность технологического процесса существенно более длительную, по сравнению с традиционным продуктом, что указывает на необходимость установки дополнительного оборудования или его модернизации.

На заключительном этапе определяют критерий ограничения, который показывает совокупность технологических свойств компонентов, входящих в рецептуру. Так для получения желеобразных продуктов в состав рецептуры вводят желеобразователь, сахарозу и ионы водорода, которые образуют единую полидисперсную структуру. При этом четвертым и пятым компонентом являются растительное сырье, а также дисперсионная среда, в которой распределены все компоненты рецептуры. Комбинируя соотношение компонентов рецептуры, с учетом их технологических свойств, допустимое отклонение наиболее важных компонентов традиционной рецептуры не должно быть более 10–15 %.

По ходу всего технологического процесса получения новых видов комбинированных продуктов доминирующим критерием должен быть критерий безопасности — бактериальная чистота и экологичность. По микробиологическим показателям данная группа продуктов должна соответствовать требованиям действующих СанПиН 2.3.2.1078–01 (индекс 1.2.1.6). По содержанию токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов и радионуклидов продукты должны соответствовать требованиям действующих СанПиН 2.3.2.1078–01 (индекс 1.2.1). Ниже приведена краткая характеристика желеобразных продуктов на основе молочной сыворотки, разработанных в соответствии с методической базой проектирования многокомпонентных систем.

Желе «Осенний вальс». Желе вырабатывают из молочной сыворотки, пектина, сахара, пюре (морковного, тыквенного, кабачкового, ранетного), лимонной кислоты, ароматических добавок. По физико-химическим и органолептическим показателям желе должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 19.16.

Таблица 19.16. Органолептические и физико-химические характеристики желе «Осенний вальс»

Показатель	Характеристика показателя и его значение
Внешний вид и консистенция	Не текучая, однородная масса, сохраняющая форму упаковки при полном отсутствии адгезии с упаковочным материалом, поверхность глянцевая, ровная, желеобразная консистенция с мелкими, мягкими вкраплениями частиц растительного пюре, равномерно распределенных по всему объему
Вкус	Кисло-сладкий, характерный для использованных растительных наполнителей
Запах	У желе с пюре из моркови — персика, с пюре из кабачков или из тыквы — ананаса, с пюре из рапета — яблочный, без постороннего привкуса
Цвет	У общего объема желе — светло-желтый, с пюре из моркови — со светло-оранжевыми частицами пюре, с пюре из кабачков — со светло-желтыми частицами, с тыквенным пюре — с желтыми, с пюре из рапета — со светло-коричневыми с серым оттенком частицами.
Массовая доля сухих веществ, % не менее	20,0
Массовая доля сахарозы, % не менее	10,0
Активная кислотность, pH	4,2±0,2
Фосфатаза	Отсутствует

Технологический процесс производства желе «Осенний вальс» осуществляется в следующей последовательности: приемка и оценка качества сырьевых компонентов; подготовка сухих компонентов; составление смеси; подогрев смеси; набухание смеси; пастеризация; регулирование pH; расфасовка, маркировка и упаковка; охлаждение и хранение.

Молочную сыворотку, сахар-песок, пектин, овощные и фруктовые пюре принимают по количеству и оценивают качество согласно действующей нормативной документации на эти виды сырья. Пектин с сахаром перемешивают до образования однородной системы и заливают молочной сывороткой, которую берут в количестве 50 % от необходимой по рецептуре. Готовят смесь в емкостях типа ванн ВДП при температуре 10–15 °С при постоянном перемешивании до полного растворения сахара. Для набухания пектина смесь выдерживают в течение 40–60 мин. при 10–15 °С, а затем его растворяют путем нагревания до температуры 65–70 °С при постоянном перемешивании, чтобы избежать образования пригара. После полного растворения пектина смесь фильтруют. Подготовленные ингредиенты вносят в оставшуюся часть сыворотки при температуре 40–45 °С. Регулирование активной кислотности смеси (pH 4,4 ± 0,1) проводят 50 %-ным раствором лимонной кислоты. Затем вносят ароматизатор, перемешивают до получения однородного по всей массе запаха. Полученную смесь пастеризуют при температуре (95 ± 1) °С без выдержки при постоянном перемешивании. Выбранный режим пастеризации обеспечивает не только инактивацию посторонней микрофлоры и ферментов, но и способствует формированию прочного геля [68]. Охлаждение продукта осуществляют до температуры не выше (67 ± 2) °С путем подачи холодной (ледяной) воды в межстенное пространство емкостного аппарата. Расфасовывают продукт при температуре не ниже (67 ± 2) °С во избежание загустевания смеси. Упакованный продукт медленно охлаждают при комнатной температуре до 35–40 °С, затем направляют в холодильную камеру для доохлаждения до температуры не более 8 °С и жилования не менее 6–8 часов. Срок годности на предприятиях торговли при температуре 2–6 °С не более 18 суток с момента окончания технологического процесса.

Гелеобразные структурированные продукты из молочной сыворотки. При производстве этих видов продуктов в качестве структурообразователей применяют желатин или стабилизатор «Стабисол/Т», которые вносят в подсырную или творожную сыворотку. «Стабисол/Т» — многофункциональный стабилизатор на основе гуаровой камеди, желатина и модифицированного крахмала, который используют при получении пудингов и киселя.

Продукты структурированные выпускают в следующем ассортименте: желе на основе подсырной или творожной сыворотки с пшеничными зародышевыми хлопьями (ПЗХ); желе на основе подсырной или творожной сыворотки фруктовое, ягодное или цитрусовое; пудинг на основе подсырной или творожной сыворотки и сливок фруктовый, ягодный или цитрусовый; кисель на основе подсырной или творожной сыворотки фруктовый, ягодный или цитрусовый. По органолептическим и физико-химическим характеристикам продукты должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 19.17.

Таблица 19.17. Физико-химические и органолептические характеристики структурированных продуктов из молочной сыворотки

Показатель	Характеристика показателя и его значение			
	Желе с пшеничными зародышевыми хлопьями (ПЗХ)	Желе фруктовое, ягодное, или цитрусовое	Пудинг	Кисель
Внешний вид и консистенция	Поверхность глянцевая, желеобразная, с вкраплениями ПЗХ	Поверхность глянцевая, желеобразная, однородная, желеобразная	Консистенция однородная, в меру вязкая	
Вкус и запах	Чистые, кисло-сладкие, характерные для ПЗХ, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, кисло-сладкие, в зависимости от внесенных наполнителей, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, кисло-сладкие, сливочные, в зависимости от внесенных наполнителей, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, кисло-сладкие, в зависимости от внесенных наполнителей, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	У желе — равномерный по всей массе, песочный, у ПЗХ — салатный	В зависимости от внесенных наполнителей, равномерный по всей массе		
Массовая доля жира, % не менее	Не нормируется		3,6	Не нормируется
Массовая доля сахарозы, % не менее	18,0	12,0	12,0	12,0
Активная кислотность, pH	4,0–4,2			
Фосфатаза	Отсутствует			

Технологическая схема производства продуктов включает этапы: сбор и очистку сыворотки; подготовку и внесение компонентов, регулирование pH; созревание и пастеризацию; упаковку, охлаждение, желирование, хранение и транспортирование.

Молочную сыворотку, полученную при производстве творога или натуральных сыров, собирают в промежуточную емкость. Все компоненты рецептуры (кроме ароматизаторов, красителей и ПЗХ) вносят в сыворотку с температурой 5–15 °С и выдерживают 1,5–2,5 ч. Пастеризацию смеси осуществляют при температуре 90–92 °С при постоянном перемешивании с выдержкой 3–5 мин, затем вносят ароматизатор, краситель, ПЗХ и перемешивают 3–5 мин. Смесь при температуре 72–76 °С упаковывают и охлаждают до 0–6 °С для проведения про-

цесса желирования. Допускается глазировать в один или несколько слоев продукты глазурью, состоящей из сливочного масла с массовой долей жира 82,5 %; какао-порошка и сыворотки молочной в соотношении 10 : 2 : 88. Продукты должны храниться при температуре не более 2–6 °С в течение не более 48 ч с момента окончания технологического процесса, в том числе на предприятии-изготовителе — не более 18 ч.

Гелеобразные функциональные сывороточные продукты. Композиции растительного сырья для придания гелеобразным сывороточным продуктам функциональных свойств подбирали с учетом содержания в них витаминов, минеральных и других биологически активных веществ. В рецептурах использовали облепиху, смородину черную, смородину красную, черноплодную рябину, пшеничные отруби, пшеничные зародышевые хлопья и другие компоненты растительного происхождения, так как они, являются оптимальными при использовании в качестве сырья для гелеобразных продуктов.

Анализ критерия повышения пищевой ценности состава готовых продуктов показал, что они содержат различные биологически активные вещества, при этом учтены потери сухих веществ при обработке в количестве 10–20 %, а витамина С — 60 %. Степень удовлетворения организма биологически активными веществами колеблется от 10 % суточной потребности до полного ее удовлетворения.

Технология изготовления функциональных сывороточных продуктов предусматривает все операции, как и для традиционных продуктов, с тем лишь отличием, что в сыворотку дополнительно вносят мелкодиспергированные растительные ингредиенты — продукты переработки злаковых и гомогенизированное растительное пюре со средним размером частиц не более 0,05 мм. В связи с тем, что растительные компоненты дополнительно оказывают отрицательное влияние на микробиологические характеристики, пастеризацию сывороточно-растительной смеси проводят при температуре 95–97 °С в течение 10 мин. Продолжительность хранения готовой продукции составляет не более 144 ч при температуре 2–6 °С.

Гелеобразные зерновые сывороточные продукты. Разработана технология зернового продукта, обогащенного различными добавками с использованием гелеобразователей (желатина и агара) [69]. Продукт представляет собой однородные гранулы сферической формы с диаметром не более 5 мм. Сыворотку нагревают до 18–20 °С и в ней замачивают следующие ингредиенты: желатин на 60–70 мин. (в соотношении 1 : 8); агар, предварительно промытый проточной водой с температурой 10–15 °С, на 30–60 мин. (в соотношении 1 : 4); яичный порошок на 30 мин. (в соотношении 1 : 3). Яичную смесь после замачивания пастеризуют при температуре 63–65 °С в течение 30–32 мин.

Набухший агар нагревают до температуры 90–95 °С и выдерживают при данной температуре до полного растворения (10–15 мин.). Желатин подвергают нагреванию до температуры 75–80 °С и затем выдерживают в течение 10–12 мин. Затем растворы желатина и агара смешивают, подогревают до 90–95 °С и фильтруют. После фильтрации раствор гелеобразователей пастеризуют при той же температуре в течение 5–10 мин., охлаждают до 55–60 °С и смешивают с пастеризованной смесью яичного порошка. Зелень перед добавлением в основную смесь моют, измельчают и бланшируют при температуре 100 °С в течение 3–5 с. Готовую смесь охлаждают до 30–32 °С и загружают в рабочую камеру гранулятора, где и происходит формирование зерен. Технологический процесс осуществляют в последовательности, приведенной на рис. 19.11.

Для расширения ассортимента зерновых продуктов изучали возможность использования в производстве различных вкусо-ароматических добавок (красного молотого перца и чили, соленых рыбных молок или креветок, укропа и петрушки, а также морковного и мясного пюре). Установленные физико-химические и органолептические показатели (табл. 19.18) учтены в нормативной документации.

Таблица 19.18. Физико-химические и органолептические характеристики зерновых продуктов из молочной сыворотки

Показатель	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Не текучий, сохранивший сферическую форму, с мелкими вкраплениями растительного сырья (петрушки, укропа), равномерно распределенных по всему объему; консистенция гелеобразная, зерна одинакового размера
Вкус и запах	Вкус и аромат используемых добавок (петрушки, укропа)
Цвет	Молочный с зеленоватым оттенком, вызванным использованием растительного сырья
Массовая доля сухих веществ, % не менее	18
Титруемая кислотность, °Т	55

Биологическая ценность таких изделий, показанная на примере зернового продукта с зеленью «Весенний», довольно высокая (табл. 19.19).

Таблица 19.19. Биологическая ценность зернового продукта «Весенний»

Незаменимые аминокислоты	Содержание аминокислот в 100 г идеального белка, г	Содержание аминокислот в 100 г белка продукта, г	Скор, %
Валин	5,0	5,0	100
Изолейцин	4,0	6,2	155
Лейцин	7,0	12,0	171
Лизин	5,5	9,4	171
Метионин + цистин	3,5	5,6	160
Треонин	4,0	4,6	115
Фенилаланин + тирозин	6,0	7,8	130
Триптофан	1,0	2,2	220

Немаловажную роль для повышения биологической ценности играет использование в качестве одного из компонентов яичного порошка, а так же молочной сыворотки.

Желированные продукты «Оптималь» и «Натураль» вырабатывают из молочной сыворотки, обогащенной пшеничными зародышевыми хлопьями, с добавлением лимонной кислоты и вкусоароматических добавок (кофе или какао). В качестве структурообразователя используется пектин. Физико-химические показатели желированных продуктов приведены в табл. 19.20.

Таблица 19.20. Физико-химические показатели желированных продуктов «Оптималь» и «Натураль»

Показатели	«Оптималь»	«Оптималь» кофейный	«Оптималь» с какао	«Натураль» с кофе
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	31,0	33,0	33,0	32,5
Массовая доля сахарозы, %, не менее	17,0	17,0	17,0	17,0
Активная кислотность, pH	4,0–4,2			

Продолжительность хранения продукта при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ не более 30 суток, в том числе не более 10 суток на предприятии-изготовителе.

Желе сывороточно-растительные. В предлагаемой технологии новых сывороточных продуктов заданного состава и свойств в качестве структурообразователя дополнительно используется метилцеллюлоза в концентрации 1,5% [71]. Эффект образования структуры матрицы геля усиливается за счет полимерных соединений сыворотки (например, сывороточные белки обуславливали «сшивку» структуры). В качестве компонента гелеобразного продукта можно использовать ягодное сырье (черную или красную смородину, крыжовник), пюре огурца или щавеля, измельченные пшеничные зародышевые хлопья (ПЗХ) или пшеничные отруби (ПО). Технологическая схема представлена на рис. 19.12.



Рис. 19.11. Технологическая схема производства зерненого гелеобразного продукта

Измельченные пшеничные зародышевые хлопья или пшеничные отруби смешивают с гелеобразователем и сахаром, перемешивают от 3,0 до 5,0 мин до образования мелкодисперсной системы. Свежие огурцы, щавель или ягоды протирают. В сухие компоненты вносят творожную сыворотку температурой $8-10^\circ\text{C}$, затем нагревают до $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и оставляют в покое для набухания ее компонентов, далее, если необходимо, по рецептуре вносят пюре огурца, щавеля и ягоды. Смесь подвергают термической обработке при температуре $(95 \pm 1)^\circ\text{C}$ без выдержки для желатина, картофельного крахмала, метилцеллюлозы, яблочного пектина; с выдержкой 20 с для агара и агароида при постоянном перемешивании. Смесь охлаждают до температуры $65-69^\circ\text{C}$, затем осуществляют регулирование активной кислотности смеси 50%-ным раство-

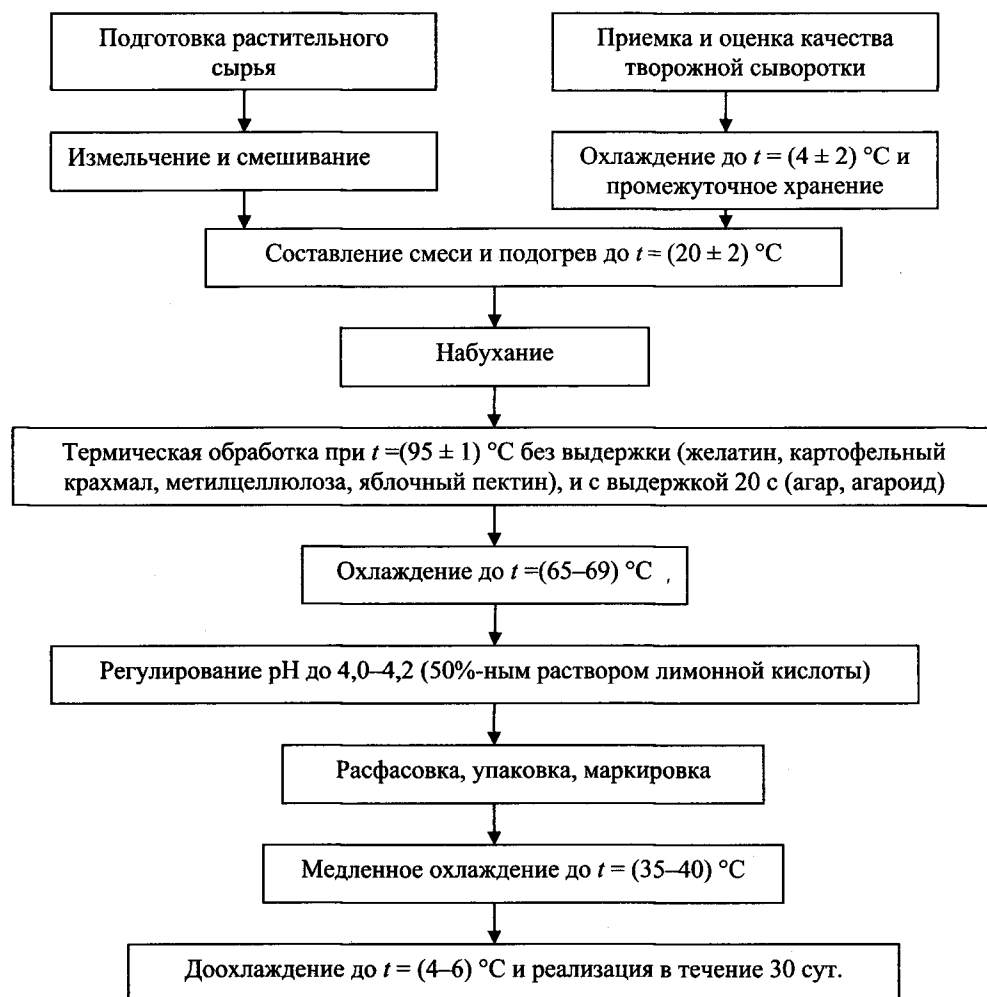


Рис. 19.12. Технологическая схема производства желеобразного продукта на основе сыворотки

ром лимонной кислоты до достижения значения pH ($4,2 \pm 0,2$). Далее смесь расфасовывают и осторожно охлаждают до $35-40 ^\circ\text{C}$. Доохлаждение продукта до температуры $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ проводят в холодильной камере.

Для расширения ассортимента желе изучали возможность использования в рецептурах вкусоароматических добавок (ванилина, корицы, какао-порошка, кофе, ядер арахиса (сушеного), джемов апельсинового и вишневого, черноплодной рябины, мяты лекарственной). Технологии данных видов продуктов соответствуют процессу производства желе сывороточно-растительных, хотя имеются некоторые особенности. При изготовлении продуктов кристаллический ванилин, порошок корицы, кофе, какао-порошок добавляют в сухую измельченную смесь компонентов перед внесением в молочную сыворотку. Ядро арахиса измельчают

до образования ореховой пасты, вишневый или апельсиновый джемы вносят в измельченную смесь компонентов и тщательно перемешивают в течение 3–5 мин.

Сывороточно-морковные желе «Полезное» и «Максимум». Эти виды желе вырабатывают из молочной сыворотки, пшеничных зародышевых хлопьев, сахара, желатина, крахмала, с добавлением лимонной кислоты и морковного пюре до 30 %. Морковное пюре изготавливают из предварительно отваренной, очищенной и протертой до размера частиц не более 1 мм моркови. Особенностью технологии является использование линии переработки плодоовощного сырья на основе CO_2 -технологии. В течение всего технологического цикла сохраняются все термолабильные и биологически активные компоненты, так как непродолжительный процесс переработки (20–30 мин) проходит в инертной газовой среде при невысокой положительной температуре 10–25 °С. Морковное пюре вносят непосредственно перед пастеризацией при постоянном перемешивании. Пастеризацию проводят при 95–97 °С без выдержки. Органолептические и физико-химические показатели сывороточно-морковных желе приведены в табл. 19.21.

Таблица 19.21. Органолептические и физико-химические показатели сывороточно-морковных желе

Показатель	Характеристика	
	«Полезное»	«Максимум»
Вкус и запах	Приятный кисло-сладкий вкус и оригинальный аромат вносенных растительных добавок	
Внешний вид и консистенция	Нетекучий, сохраняющий форму упаковки при частичном или полном отсутствии адгезии с упаковочным материалом, пищевой продукт с консистенцией нежного желе, с мелкими вкраплениями ПЗХ, равномерно распределенных по всему объему, глянцевои поверхностью	
Цвет	Вносенного наполнителя, желто-оранжевый — для продукта с морковным пюре, с мелкими измельченными ПЗХ	
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	32,0	35,0
Массовая доля сахарозы, %, не менее	18,0	18,0
Кислотность, °Т, не более	100	120

Использование в рецептурах сывороточно-растительных желированных продуктов пшеничных зародышевых хлопьев и морковного пюре позволило обогатить их тиамином, рибофлавином, токоферолом, β -каротином, пиридоксином, полиненасыщенными жирными кислотами — линолевой, линоленовой, макро- и микроэлементами — калием, кальцием, фосфором, магнием, железом, пищевыми волокнами. Продолжительность хранения при температуре 2–6 °С составляет не более 5 сут.

Фруктовые структурированные десерты с пектином на основе творожной сыворотки. В Кубанском ГАУ на базе НИИ «Биотехпереработка» разработаны рецептуры и технология новых фруктовых пектинсодержащих десертов на основе творожной сыворотки [70]. В качестве фруктового сырья используют замороженные или свежие ягоды клюквы и ежевики, а также концентрированный сок ананаса. Пектин, используемый в качестве структурообразователя, не только формирует консистенцию, но и обладает радиопротекторными и детоксикационными свойствами. Технологическая схема производства включает следующие этапы. Очищенную от белка творожную сыворотку смешивают с питьевой водой в соотношении вода: сыворотка 3 : 0,75 и пектином в соответствии с рецептурой и направляют в емкость с рубашкой и мешалкой. Одновременно туда же подают фрукты, сахар и лимонную кислоту. Все компоненты перемешивают, нагревают до температуры 95–100 °С, выдерживают при этой температуре 5–10 мин., затем охлаждают до 40 °С и расфасовывают.

В готовом виде фруктовые десерты представляют собой желе с мягкой однородной консистенцией (с клюквой и ежевикой) и нежной — с ананасовым соком. В молочный десерт с ананасовым соком вносят β -каротин в целях повышения биологической ценности и придания продукту привлекательного внешнего вида. Фруктовые десерты рекомендуются для питания школьников и студентов как источник пищевых волокон, витаминов, антиоксидантов и минеральных веществ.

19.4.3. Гелеобразные напитки на основе молочной сыворотки

По мнению В. Е. Жидкова [72] перспективным направлением является развитие биотехнологий альтернативных вариантов напитков из молочного лактозосодержащего сырья с заданными свойствами на основе теоретических предпосылок и экспериментальных исследований. В исследованиях С. Г. Козлова [67] это направление получило дальнейшее развитие, поскольку структурированные напитки на основе сыворотки, в том числе — слабоалкогольные, пользуются все большим спросом потребителей. На основании комплексных научных исследований получены практические результаты, нашедшие применение в молочной промышленности.

Тонизирующие гелеобразные сывороточные напитки. Разработан гелеобразный напиток на основе творожной сыворотки с гидролизованной лактозой. В качестве вкусоароматических добавок при выработке этой группы напитков используют плодово-ягодное пюре (ананас, абрикос или земляника). Технология напитков предусматривает следующие операции: сбор и фильтрование сыворотки; пастеризация при температуре $(92 \pm 1)^\circ\text{C}$ без выдержки, охлаждение до температуры $(45 \pm 1)^\circ\text{C}$, регулирование кислотности до pH 6,12; внесение 0,04–0,06 % фермента β -галактозидазы; ферментация до степени гидролиза 91 % в течение 3–4 ч; нормализация по массовой доле моно- и дисахаридов до $(10 \pm 0,5)\%$ -ым сахарным сиропом; охлаждение до температуры $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$; внесение 1 % закваски дрожжей; сбраживание в течение 12 ч до массовой доли этанола 3,5 %; подготовка и внесение вкусовых компонентов (плодово-ягодное пюре до 12 %) и стабилизаторов (1,5 % крахмала и 0,5 % желатина); охлаждение и фасовка при температуре 6–8 $^\circ\text{C}$, доохлаждение до $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$. По физико-химическим и органолептическим показателям напитки должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 19.22.

Таблица 19.22. Органолептические и физико-химические показатели сывороточных напитков

Наименование показателя	Характеристика показателей и значения
Внешний вид и консистенция	Вязкая гомогенная жидкость. Гелеобразная, текучая с частицами наполнителя
Вкус и запах	Слабоалкогольный, дрожжевой, с привкусом и запахом наполнителя
Цвет	Равномерный, характерный для внесенного растительного компонента
Массовая доля, %, не менее	
алкоголя	3,0
моно- и дисахаридов	8,0
Кислотность, $^\circ\text{T}$, не более	75,0

Введение растительных наполнителей в состав продукта позволяет дополнительно обогатить продукт балластными и минеральными веществами, а также витаминами.

Функциональные сывороточные напитки. В зависимости от состава применяемых ягодных или других вкусовых и ароматических спиртовых морсов функциональные сывороточные напитки выпускают следующих видов: облепиховый, смородиновый, рябиновый, черноплодный, кедровый, клюквенный, лимонный. По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям напитки должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 19.23.

Таблица 19.23. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели функциональных сывороточных напитков

Показатель	Характеристика
Вкус и аромат	Кисловато-сладкий, специфический для используемого ягодного морса, наличие слабого запаха этилового спирта
Консистенция	Однородная жидкость, допускается наличие небольшого количества ягодной взвеси
Цвет	Сывороточный, с оттенком ягодного морса
Массовая доля сухих веществ, %, не менее, в т. ч. сухих веществ ягодного морса, %	5,5 0,4
Массовая доля этилового спирта, %, не более	3,0
Кислотность, °Т, в пределах	60–100
Температура при выпуске с предприятия, °С	2–6
Бактерии группы кишечной палочки	Не допускаются в 0,01 см ³
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы	Не допускаются в 25 см ³

Технологический процесс производства напитков состоит из следующих операций: приемка и подготовка сырья, пастеризация и охлаждение сывотки, внесение морсов и других компонентов, перемешивание, охлаждение, розлив, упаковка, маркировка, доохлаждение готового продукта.

Морс готовят в соответствии с технологической инструкцией по приготовлению спиртовых морсов из ягод. Сахар-песок, предварительно просеянный, растворяют в сывотке при $(87 \pm 2)^\circ\text{C}$ и охлаждают до температуры $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$. Молочную сывотку смешивают с просеянным гелеобразователем, выдерживают для его набухания 30–40 мин при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$, пастеризуют при температуре $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 20–25 с. В пастеризованную сывотку вносят рассчитанное по рецептуре количество морса и сахарного сиропа. Смесь перемешивают и охлаждают до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Хорошо перемешанный продукт направляют для расфасовки. Упакованные напитки при необходимости доохлаждают до температуры $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$, после чего продукт готов к реализации. Функциональные свойства напитков обусловлены присутствием половины рекомендуемой суточной нормы пектина в 200 мл напитка, который используется в качестве гелеобразователя, а также водорастворимыми сухими веществами ягодного морса. Напитки должны храниться при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ не более 120 ч с момента окончания технологического процесса, в том числе на предприятии-изготовителе не более 48 ч.

Напитки из молочной сывотки с использованием лекарственных растений. Перспективным для молочной промышленности сырьем, обладающим широким спектром лечебно-профилактических свойств, уникальным биохимическим составом и набором биологически активных веществ являются лекарственные растения. Наиболее приемлемым способом извлечения действующих веществ из листовой массы растений является экстракция (глава 10).

Лактоза и молочная кислота, присутствующая в молочной сыворотке, способствуют извлечению экстрактивных веществ из фитосырья.

Так при разработке технологии фитонапитка «Валерия» для извлечения экстрактивных веществ и витамина С из крапивы двудомной использовали пермеат, полученный методом ультрафильтрации, богатый комплексом питательных веществ (углеводов, минеральных солей, микроэлементов, ферментов, витаминов и др.) [73]. Крапива двудомная является ценным поливитаминным, лекарственным и пищевым сырьем.

Существенное влияние на процесс экстрагирования оказывали три фактора: продолжительность процесса, массовая доля сухих веществ в пермеате и доза фитосырья. Основное количество экстрактивных веществ переходит в экстракт через 30 мин экстрагирования (0,60%). При дальнейшем экстрагировании их количество увеличивается только на 0,1%. При использовании в качестве экстрагента пермеата с массовой долей сухих веществ 5,0% массовая доля экстрактивных веществ в экстракте выше (0,70%), чем при использовании разбавленного пермеата с массовой долей сухих веществ 2,5% (0,35%). При увеличении массовой доли фитосырья наблюдается увеличение массовой доли экстрактивных веществ в экстракте. Доза фитосырья 0,8% установлена как профилактическая, а 2,4% — как лечебная.

На извлечение витамина С из фитосырья существенное влияние оказывают факторы: продолжительность процесса, массовая доля сухих веществ в пермеате и доза сахара. Максимальный выход витамина в экстракт наблюдается при дозе сахара 3,0% (7,5 мг%), в то время как в экстракте без сахара — 5,0 мг%. Установлены оптимальные параметры процесса экстрагирования, позволяющие максимально извлечь из фитосырья витамин С и экстрактивные вещества: температура 80–90 °С, продолжительность экстрагирования 30 мин., массовая доля сухих веществ в пермеате 5,0%, доза фитосырья 0,8%, доза сахара 3,0% и степень измельчения фитосырья 5,0 мм.

Экстракт крапивы имеет неприятный вкус с выраженным запахом крапивы, некрасивый желто-зеленый цвет. Для улучшения цвета, вкуса и запаха экстракта использовали различные комбинации из целебных трав: № 1 — листья крапивы двудомной и плоды рябины обыкновенной, плоды шиповника, листья смородины, трава зверобоя; № 2 — листья крапивы двудомной и мята перечная; № 3 — листья крапивы двудомной и плоды шиповника. Проведенный потребительский тест предпочтения с ранжированием, направленным на выявление отношения потребителей к определенному экстракту показал, что наибольшее предпочтение отдается композиции трав — листья крапивы двудомной и плоды шиповника.

Для придания фитонапитку более выраженного вкуса проводят подкисление пермеата 50%-ным раствором лимонной кислоты. В качестве подсластителя используют сахарозу или заменители сахара, например «Аспартам», для создания напитков диетического назначения. В зависимости от применяемого подсластителя предложено вырабатывать следующие виды фитонапитков: «Валерия» с сахаром и «Валерия» с подсластителем.

Фитонапиток представляет собой однородную жидкость, без осадка и хлопьев, имеет приятный кисло-сладкий, освежающий вкус, выраженный привкус и аромат шиповника. Цвет от коричневого до темно-коричневого. Витаминный и минеральный состав фитонапитка представлен в табл. 19.24.

Таблица 19.24. Витаминный и минеральный состав фитонапитка «Валерия»

Витамины, мг%, не более					Зола, %	Микроэлементы, мг/дм ³			
В ₁	В ₂	С	Е	каротиноиды		Se	Cu	Zn	Fe
0,7±0,2	0,6±0,1	9,5±0,2	1,6±0,1	0,157±0,02	0,64±0,02	0,1	0,05	0,1	0,9

Примечание: дубильных и красящих веществ, мг% — 16,5±0,1.

При употреблении 100 г фитонапитка на 40 % удовлетворяется суточная потребность организма в тиамине, на 25 % — в рибофлавине, на 13 % — в витамине С и на 16 % в витамине Е. Известно, что рекомендуемое содержание витаминов и минеральных веществ в обогащенном ими продукте питания должно быть не менее 15 % (оптимально 20–25 %) среднесуточной потребности организма в этих микронутриентах при обычном уровне потребления обогащенного продукта. Исходя из содержания витаминов в фитонапитке «Валерия» его можно считать обогащенным витаминами Е, С, В₁ и В₂.

Пермеат является полноценным экстрагентом, что дает возможность для разработки новых технологий фитонапитков на его основе, в том числе и ферментированных. Так, Ю. Г. Моисеевой (под руководством проф. Л. А. Остроумова) [74] была разработана технология ферментированных напитков из пермеата молочной сыворотки с использованием Melissa лекарственной. Экстракцию Melissa на пермеате проводили при температуре 90 ± 5 °С в течение 30 ± 5 мин. При этих параметрах технологического процесса до 0,5 % экстрактивных веществ фитосырья переходит в пермеат. Витаминный и минеральный состав экстракта Melissa на пермеате представлен в табл. 19.25.

Таблица 19.25. Витаминный и минеральный состав ферментированного фитонапитка

Витамины, мг %, не более							Макроэлементы, г/кг			Микроэлементы, мг/дм ³					
В ₁	В ₂	В ₃	В ₅	В ₆	В ₁₂	Е	С	К	Na	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	
0,36	1,08	1,82	0,62	0,72	1,8*10	0,36	140	2,81	0,48	0,11	3,60	0,20	0,80	1,9	
								0,7*	0,02*	0,04*	1,6*	0,1*	0,7*	—	

* — В том числе минеральные вещества Melissa, перешедшие в экстракт.

Ферментацию экстракта проводили симбиотической закваской термофильного стрептококка, болгарской и ацидофильной палочки с соотношении 1 : 1 : 1 в количестве 5 %. Сбраживание проводили до 100–120 °Т. Количество молочнокислых микроорганизмов в конце сбраживания составляло $5,0 \cdot 10^8$ КОЕ/см³. В качестве наполнителей для ферментированного фитонапитка «Медовый башмачок» используют сахарный песок (7 %) или сироп шиповника (10 %). Введение в состав рецептуры сиропа шиповника позволяет не только облагородить вкус, но и обогатить его полезными веществами, особенно витаминами.

На основе экстракта Melissa вырабатывают также **фитоквас**. Состав закваски для ферментации экстракта тот же, что и для производства фитонапитков, только помимо молочнокислых микроорганизмов, вносят хлебопекарные дрожжи *Saccharomyces cerevisie*. Так как этот вид дрожжей не сбраживает лактозу в пермеате, то для питания дрожжей добавляют сахар. Учитывая органолептические свойства кваса при производстве фитокваса «Осенний лист» в состав пермеата вносят 1,7 % Melissa, 4 % сахара, 5 % закваски, 0,3 % дрожжей.

При производстве фитокваса «Айсберг» используют кумысную закваску, состоящую из болгарской и ацидофильной палочки и лактозосбраживающих дрожжей (*Saccharomyces lactis*). В качестве наполнителя — сироп облепихи в количестве 10 % и сахарозаменитель «Сурель-Голд», состоящий из аспартама и ацесульфамата.

Желированные десерты сывороточно-растительные. Сывороточно-растительные десерты представляют собой пастеризованную смесь молочной сыворотки, сахарозы, гелеобразователя и плодово-ягодного (или овощного) пюре. Принципиальное отличие состоит в том, что продукты изготовляют непрерывным способом в условиях роторно-пульсационной обработки при одновременном интенсивном колебательном и механическом воздействии на сывороточно-растительную среду [75]. В зависимости от вида десерта концентрация гелеобразователя (пектина, желатина, агара, крахмала) составляет от 1 до 3 %, доля раститель-

ного компонента — до 40 %; максимальный размер частиц растительного пюре не превышает 0,1 мм. Физико-химические и органолептические показатели разработанных десертов приведены в табл. 19.26.

Таблица 19.26. Органолептические и физико-химические показатели десертов

Показатель	Характеристика
Вкус и запах	Приятный, кисло-сладкий, освежающий, свойственный используемому растительному пюре
Внешний вид и консистенция	Текучий, вязкий продукт с мелкими вкраплениями измельченных частиц пюре, равномерно распределенных по всему объему
Цвет	Свойственный используемому растительному пюре, равномерный по всей массе
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	14,0
Массовая доля сахарозы, %, не менее	9,0
Кислотность, pH	4,1 ± 0,1

Продолжительность хранения сывороточно-растительных десертов при температуре 2–6 °С составляет не более 10 сут.

Соусы на основе молочной сыворотки. Технологическая схема производства сывороточно-растительных соусов аналогична таковой для производства желе, но имеет некоторые отличия. В качестве структурообразователя используется стабилизатор «Стабисол», помимо сахара в измельченные ПЗХ вносится соль, затем томатная паста при постоянном перемешивании до образования однородной консистенции и молочная кислота с температурой 8–10 °С. Нагревают смесь до 90–95 °С в ваннах ВДП, или роторно-пульсационных аппаратах, или в аппаратах типа «Штефан», или измельчителях-смесителях ИС-80. Затем в смесь вносится масло растительное согласно разработанным рецептурам и ее пастеризуют при температуре 95–97 °С при постоянном перемешивании в течение 5 мин. Органолептические и физико-химические показатели соусов приведены в табл. 19.27.

Таблица 19.27. Физико-химические и органолептические показатели соусов на основе молочной сыворотки

Показатель	Характеристика		
	«Пикантный»	«Особый»	«Легкий»
Вкус и запах	Слегка острый вкус с выраженным оригинальным привкусом растительного компонента и внесенных пряностей		
Внешний вид и консистенция	Текучий, вязкий продукт с мелкими вкраплениями измельченных ПЗХ, равномерно распределенных по всему объему		
Цвет	Красноватый, равномерный по всей массе		
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	34,0	32,5	34,0
Массовая доля поваренной соли, %, не более	3,0	3,0	2,5
Кислотность, pH	4,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	4,2 ± 0,1

Продолжительность хранения при температуре 2–6 °С составляет не более 30 сут.

Желе безлактозные для функционального питания. Безлактозные желе вырабатывают из пастеризованной молочной сыворотки. Функциональные свойства достигаются путем целенаправленной биотехнологической обработки молочной сыворотки ферментом β -галактозидаза. Параметры процесса гидролиза лактозы молочной сыворотки приведены в табл. 19.28.

Таблица 19.28. Параметры гидролиза лактозы в молочной сыворотке

Параметры					Массовая доля в гидролизованной сыворотке, %			
Доза β -галактозидазы, %	pH	Температура, °C	Продолжительность, ч,	Степень гидролиза, %	Лактозы	Глюкозы	Галактозы	Продуктов трансли-кози-лирования
0,06	6,12	45	3	91	0,33	1,68	1,52	0,25

В качестве гелеобразователя используют желатин (3,0%) или агар (1,0%), или пектин (3,0%). Для улучшения органолептических показателей используют соки (до 30%) или пюре (до 25%) или подварки плодово-ягодные (до 20%). Продолжительность хранения готовой продукции составляет 112 сут. при температуре 2–6 °C.

При производстве ферментированных напитков для формирования консистенции низколактозного продукта применяют различные стабилизирующие системы. Желатин широко применяется в промышленности в качестве стабилизатора. Механизм образования геля желатином связан с формированием трехмерной сетчатой структуры [76]. При температуре выше 40 °C молекулы желатина в растворе имеют конфигурацию отдельных спиралей. При охлаждении раствора ниже точки затвердевания (около 30 °C) и достаточно высокой концентрации желатина (1–8%) отдельные спирали объединяются в гель за счет водородных связей, которые располагаются равномерно по всей длине цепей. Благодаря этому гель термообратим, но неустойчив к механическим воздействиям.

Производство пива с активированными на молочной сыворотке пивными дрожжами. Молочную сыворотку используют в пивоварении для обработки дрожжевой суспензии в роторно-пульсационном аппарате (РПА) с целью ускорения процесса сбраживания пивного сусла. По предложенной технологии производство пива включает следующие технологические операции: приготовление пивного сусла в соответствии с действующей инструкцией, активацию дрожжей в нативной молочной сыворотке или 5%-ном растворе сухой молочной сыворотки, главное брожение. Дображивание и выдержка молодого пива проводится в соответствии с действующими технологическими инструкциями на производство конкретного сорта пива.

Молочную сыворотку перед активацией в ней дрожжей пастеризуют при температуре 80–85 °C в течение 20–30 мин и затем охлаждают до температуры 6–8 °C (при холодном способе) или до 18–20 °C (при совмещении обработки сыворотки с тепловой активацией). Расчетное количество дрожжей, предназначенных для внесения в бродильный аппарат, смешивают с приготовленной сывороткой в соотношении 1 : 0,5 и выдерживают при периодическом перемешивании в течение 40–45 мин при холодной обработке и 15–20 мин. при совмещении с тепловой обработкой. В РПА обработку дрожжей проводят в течение двух минут. По окончании выдержки дрожжи вместе со средой активирования вносят в бродильный аппарат для

брожения. Сравнительный анализ показателей пива (табл. 19.29), полученного с использованием обработанных дрожжей в РПА, и контроля показал, что состав полученных образцов достаточно близок.

Таблица 19.29. Физико-химические показатели готового пива

Показатели	Контрольный образец	Опытный образец
Действительный экстракт, %	4,60	4,26
Объемная доля спирта, %	4,66	4,86
Кислотность, к. ед.	2,4	2,4
Таниновый показатель, ед. опт. плотности	0,287	0,263
Полифенолы, мг/100 см ³	116,4	102,9
Содержание, мг/дм ³		
диацетила	0,54	0,42
высших спиртов	92,6	94,3
эфиров	22,8	24,5

При этом в опытном пиве выше содержание спирта. При дображивании активной про- исходила редукция диацетила, концентрация которого в молодом пиве также была ниже. В опытном пиве несколько выше концентрация высших спиртов и эфиров, однако, общая их концентрация соответствует значениям, обнаруживаемым в отечественных образцах. Показатели, характеризующие коллоидную стойкость — таниновый показатель, содержание полифенолов, также лучше в опытном пиве, благодаря более активному удалению нестойких коллоидов и высокомолекулярных полифенольных веществ, вследствие более активного брожения.

19.5. Технологии продуктов с применением модифицированных форм творожной сыворотки

Разработка рецептов продуктов с применением модифицированных форм творожной сыворотки осуществлялась в соответствии с научно-техническим обоснованием (глава 10) и разработанной Е. И. Мельниковой концептуальной моделью создания безопасных продуктов функционального питания (рис. 19.13) [77].

Для реализации модели предложена схема применения творожной сыворотки и ее модифицированных форм в технологии различных ассортиментных групп (рис. 19.14), которая позволяет получить традиционно востребованные продукты с повышенной пищевой, биологической ценностью и функциональностью за счет максимального использования вторичных ресурсов переработки молока. Одним из ведущих направлений развития отечественной отраслевой науки является разработка принципиально новых, оригинальных процессов и технологий рациональной переработки молочного сырья на основе глубокого фракционирования его компонентов.

Приоритетным направлением является внедрение мембранных технологий, предусматривающих эффективную переработку творожной сыворотки с целью последующего использования полученных полуфабрикатов в технологии новых пищевых продуктов. Ниже излага-



Рис. 19.13. Концептуальная модель создания функциональных и обогащенных продуктов

ются конкретные технологии продуктов питания и напитков, разработанные в соответствии с концептуальной моделью и схемой применения творожной сыворотки.

Безалкогольные напитки, обогащенные сгущенным или сухим углеводо-минеральным концентратом. Традиционные безалкогольные напитки, как правило, представляют собой растворенную в воде смесь сахарозы (или подсластителя), пищевых кислот (лимонной, виннокаменной, ортофосфорной), эссенций и красителей, характеризуются невысокой пищевой ценностью и не содержат функциональных ингредиентов. Пищевую и энергетическую ценность таких напитков определяют только углеводы. Они формируют полноту вкуса, создают консистенцию напитка, образуют сорбционные комплексы с ароматическими веществами, предотвращая изменение последних в процессе хранения. Однако сахар, потребляемый в рафинированном виде, создает нагрузку на системы организма человека, регулирующие его уровень в крови, приводит к гипергликемии и развитию обменных нарушений в организме.

Химический состав сгущенного углеводно-минерального концентрата (УМК) [77] обуславливает его способность частично заменять сахарозу функциональным олигосахаридом лактозой, пищевые кислоты — молочной кислотой, повышать ценность напитков за счет обогащения их минеральными веществами и витаминами. УМК является источником функциональных ингредиентов: лактоза (16,5%), микронутриентов — Ca, P, Na, K, Mg, B₁, B₂, PP, C. Возможность применения углеводно-минерального концентрата в технологии безалкогольных напитков установлена при апробации двух групп напитков.

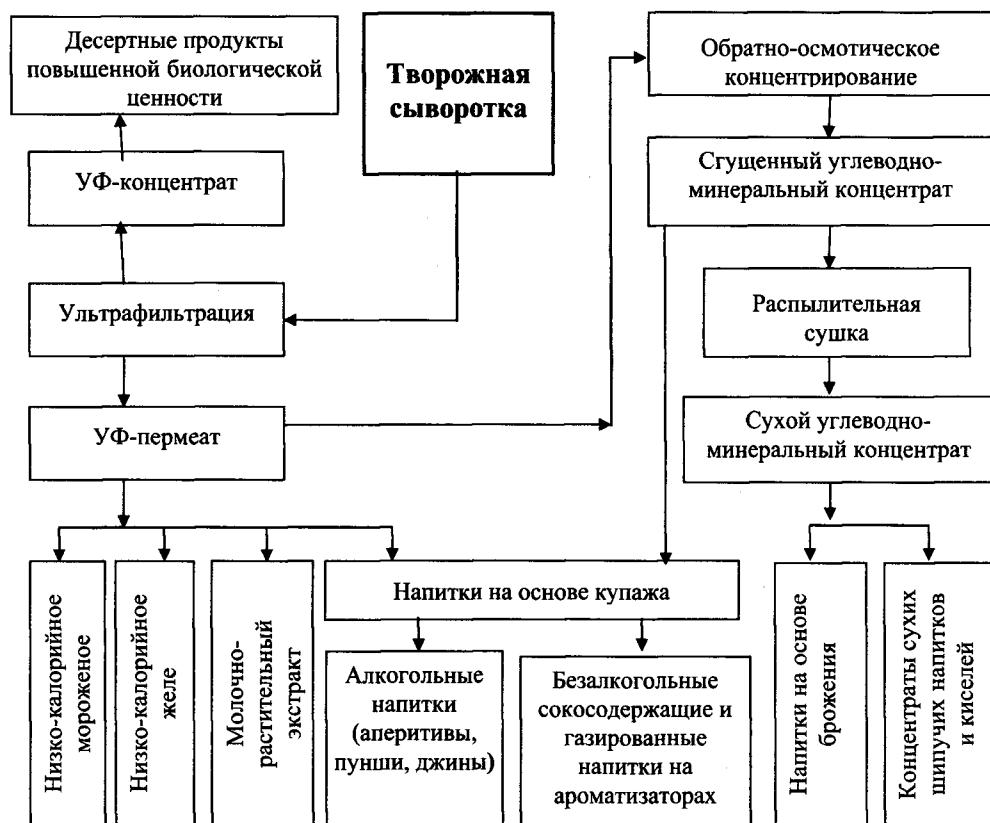


Рис. 19.14. Применение творожной сыворотки и ее модифицированных форм в технологии продуктов питания

К первой группе относятся газированные сокосодержащие напитки, например, напиток «Яблоко». Ко второй группе — сильногазированные напитки на ароматизаторах, состоящие из сахара, лимонной кислоты, вкусоформирующей композиции, колера. К этой группе относится напиток «Лимонад». Эти напитки использовали как основу для разработки новых видов напитков, обогащенных сгущенным углеводно-минеральным концентратом УМК-ОО.

На основании разработанных рецептов и балльных оценок напитков, установлено оптимальное содержание углеводно-минерального концентрата в напитках: 12,1–14,1 мас.%, что позволяет осуществить замену 20–25% сахарозы. Введение в состав рецептуры напитков УМК-ОО придает последним специфический качественный состав и свойства. К важным физико-химическим показателям напитков относится стойкость, которая характеризует их способность противостоять помутнению или образованию осадка (опалесценции). Различают биологическую и коллоидную (физико-химическую) стойкость. Биологическая стойкость характеризует продолжительность выдержки напитка в бутылке от розлива до определения его, как не соответствующего требованиям нормативно-технической документации вследствие изменений органолептических и физико-химических свойств, вызванных жи-

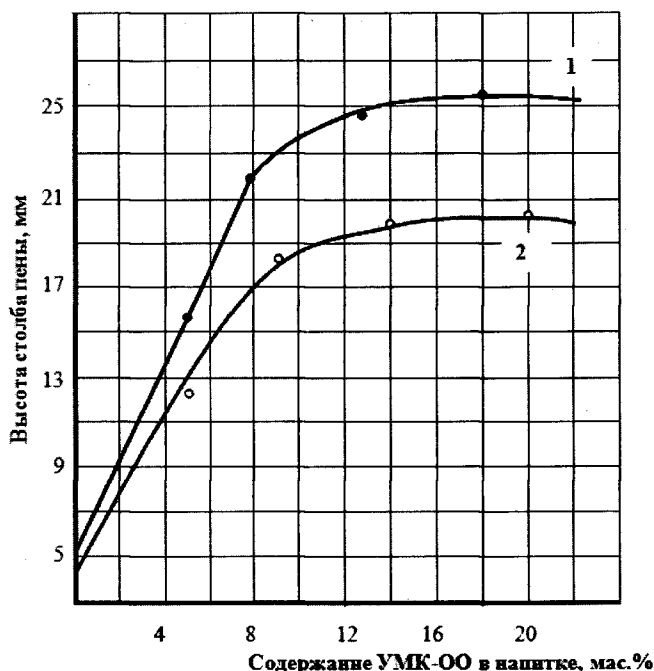


Рис. 19.15. Изменение пенообразующей способности напитков при введении в их состав УМК-ОО: 1 — сильногазированный напиток на ароматизаторе; 2 — сокодержащий напиток

недеятельностью микроорганизмов. Применение сгущенного УМК в качестве рецептурного ингредиента повышает биологическую стойкость напитков.

Многие технологические показатели, обеспечивающие создание высококачественных напитков зависят от активной кислотности (рН) пищевой системы, в частности, образование компонентов вкуса и аромата, влияют на микрофлору, обеспечивая биологическую стойкость продукта. Активная кислотность напитков, содержащих УМК-ОО, находится в пределах: 2,7–3,3 (для сокодержащих напитков), 3,6–3,8 (для сильногазированных на ароматизаторах). Кислая среда напитков имеет важное физиологическое значение, т. к. активизирует перистальтику кишечника; стимулирует секрецию пищеварительных соков; влияет на формирование определенного состава кишечной микрофлоры путем снижения рН; тормозит развитие гнилостных процессов в кишечнике. Микробиологические показатели напитков с УМК-ОО находятся на уровне 56–60 КОЕ/см³, что соответствует требованиям стандарта.

Коллоидная стойкость напитков — продолжительность выдержки его (в бутылке) от розлива до выпадения осадка, не вызванного жизнедеятельностью микроорганизмов. В связи с этим важное значение приобретает совместимость компонентов, входящих в состав напитка. Коллоидную стойкость напитков при хранении определяют по изменению их оптической плотности через каждые сутки хранения. Установлено, что обогащение напитков УМК-ОО незначительно повышает оптическую плотность и не вызывает помутнения и образования коллоидов, т. к. гидрофильные вещества низкомолекулярной структуры, присутствующие в концентрате, выполняют функции поверхностно-активных соединений и повышают стабильность системы. Напитки проявляют коллоидную стойкость в течение 14 суток.

Углеводо-минеральный концентрат характеризуется хорошей пенообразующей способностью, поэтому напитки, приготовленные на его основе, также образуют стойкую пену, что подтверждается экспериментальными данными. Исследована зависимость высоты столба пены и пеностойкости от количества УМК-ОО в напитках (рис. 19.15).

Присутствие УМК-ОО улучшает пенообразующую способность напитков: высота столба пены увеличивается в 5–6 раз и пеностойкость на 50–60 с, что повышает освежающий эффект напитков.

Технологическое совершенствование производства безалкогольных напитков на основе УМК-ОО заключается в модификации рецептур, предусматривающих частичную замену сахарозы и лимонной кислоты с полным сохранением последовательности и режимов традиционной технологии. Полная замена лимонной и виннокаменной кислот на УМК-ООС нецелесообразна, т.к. повышенное содержание концентрата в напитках приводит к появлению горько-соленого вкуса, сывороточного запаха и не обеспечивает необходимой кислотности.

Сухой углеводо-минеральный концентрат УМК-ООС, обладает высокой пенообразующей (высота отстоя пены почти вдвое выше, чем в напитке, выработанном по традиционной технологии) и увеличивает пеностойкость напитков на 50–60 с, что связано с присутствием в концентрате поверхностно-активных веществ, понижающих поверхностное натяжение и способствующих пенообразованию.

Пенообразующая способность и пеностойкость являются серьезной проблемой при получении сухих шипучих напитков. Пена, создаваемая гидрокарбонатом натрия, имеет низкую пеноудерживающую способность. Бинарная смесь гидрокарбонат натрия — сухой УМК при совместном использовании проявляет синергетический эффект и обеспечивает образование стойкой пены в напитке, что повышает освежающий эффект напитков. Это позволяет использовать УМК-ООС в технологии сухих шипучих напитков, растворяющихся в воде с образованием нестойкой пены.

За основу при разработке новых видов напитков использовали рецептуру концентратов сухих шипучих напитков «Барбарисовый» и «Освежающий». Установлено, что 1 г лимонной кислоты эквивалентен по кислотности 5,5 г сухого УМК, а 1 г виннокаменной кислоты — 4,7 г сухого УМК. При замене лимонной и виннокаменной кислот на концентрат наблюдается увеличение массовой доли сухих веществ в напитках, что способствует появлению более насыщенного вкуса. Лучшими органолептическими показателями характеризуются напитки, рецептуры которых предусматривают замену 62–75 % лимонной, 25–26 % виннокаменной кислот и 10,4–13 % сахара. Разработанные рецептуры концентратов сухих шипучих напитков «Барбарис» и «Свежесть», содержащих УМК-ООС, позволяют сократить расход дорогостоящих рецептурных ингредиентов при одновременном обогащении напитков физиологически ценными нутриентами молочного сырья.

При разработке рецептуры концентрата сухого киселя, содержащего УМК-ООС, в качестве дополнительного источника хемиопревенторов, применяли порошкообразный яблоч-но-паточный полуфабрикат, который характеризуется широким набором физиологически ценных нутриентов, низкой влажностью и кислотностью. Эти качества гарантируют микробиологическую стойкость продукта в процессе хранения.

Пищевая ценность напитков и киселя рассчитана по методике А. А. Покровского согласно формуле сбалансированного питания (табл. 19.30).

Таблица 19.30. Пищевая ценность продуктов, обогащенных УКМ-ОО или УКМ-ООС

Компонент	Суточная потребность, г	Степень удовлетворения суточной потребности человека за счет 100 г продукта, %				
		Сокодержательный напиток с УКМ-ОО	Напиток на ароматизаторах с УКМ-ОО	Концентрат сухого шипучего напитка «Барбарис» с УКМ-ООС	Концентрат сухого шипучего напитка «Свежесть» с УКМ-ООС	Кисель с УКМ-ООС
Белки	85,0	0,12	0,1	–	–	–
Углеводы:						
сахароза	80,0	7,6	10,3	7,8	8,2	5,5
лактоза	18,5	12,4	11,4	4,0	3,8	4,5
крахмал	–	–	–	–	–	1,2
пектин	–	–	–	–	–	0,2
Минеральные вещества:						
кальций	0,80	3,8	2,9	3,3	3,0	4,5
натрий	0,50	2,3	2,2	3,2	2,8	1,6
калий	2,50	2,6	2,4	1,0	0,6	1,1
магний	0,40	1,0	1,0	0,5	0,3	0,6
фосфор	1,20	1,7	1,6	1,8	1,3	1,4
Витамины:						
В ₁	$1,7 \cdot 10^{-3}$	0,9	0,8	7,8	0,5	0,9
В ₂	$2,0 \cdot 10^{-3}$	3,1	2,6	4,0	1,8	2,2
РР	$19,0 \cdot 10^{-3}$	0,3	0,3	–	0,2	0,4
С	$70,0 \cdot 10^{-3}$	0,5	0,4	–	0,1	0,6

В соответствии с химическим составом разработанных напитков изучена их адекватность требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам (табл. 19.31).

Таблица 19.31. Показатели функциональности продуктов, обогащенных УКМ-ОО или УКМ-ООС

Функциональный ингредиент	Рекомендуемая норма потребления, мг/сутки	Удовлетворения суточной потребности человека при употреблении 1 л напитка, %				
		Сокодержательный напиток с УКМ-ОО	Напиток на ароматизаторах с УКМ-ОО	Концентрат сухого шипучего напитка «Барбарис» с УКМ-ООС	Концентрат сухого шипучего напитка «Свежесть» с УКМ-ООС	Кисель с УКМ-ООС
Лактоза	18500	124	114	40	38	45
Пектин	25000	Нет	нет	нет	Нет	2
Кальций	800	38	29	33	30	45
Натрий	5000	23	22	32	28	16
Калий	2500	26	24	10	6	11
Магний	400	10	10	5	3	6
Фосфор	1200	17	16	18	18	14
Тиамин	1,7	9	8	7	5	9
Рибофлавин	2,0	31	26	21	18	22
Никотиновая кислота	19,0	3	3	2	2	4
Аскорбиновая кислота	70,0	5	4	1	1	6

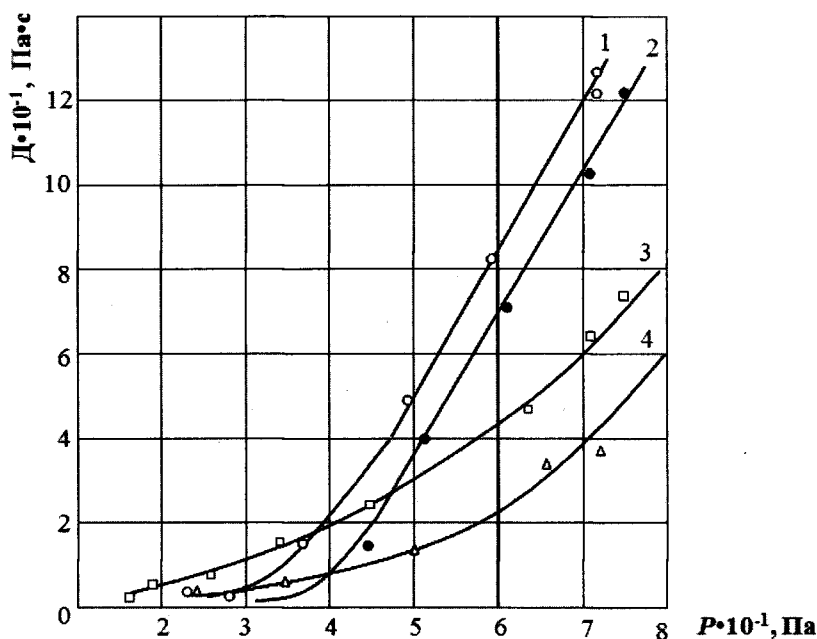


Рис. 19.16. Кривые течения кисломолочных продуктов: 1 — простокваша обыкновенная; 2 — напиток с 4 % УМК-ОС; 3 — напиток с 5 % УМК; 4 — напиток с 6 % УМК-ОС

Полученные напитки и кисель характеризуются повышенной пищевой ценностью и функциональностью. Так, например, сокосодержащий напиток на основе УМК-ОС может быть отнесен к функциональным по содержанию олигосахарида лактозы и микронутриентов, таких как, кальций, калий и рибофлавин (удовлетворение суточной потребности 124, 38, 26 и 31 % соответственно). Сильногазированный напиток, содержащий УМК-ОС также относится к категории функциональных по наличию лактозы, кальция и рибофлавина (удовлетворение суточной потребности 114, 29 и 26 % соответственно).

Технологический процесс получения напитков, содержащих УМК-ОС, отличается от традиционной технологии тем, что сахар после измельчения на мельнице поступает на сита рассева, затем в смеситель, где тщательно перемешивается с сухим углеводо-минеральным концентратом. Затем в смеситель добавляют остальные рецептурные ингредиенты (измельченную кислоту, гидрокарбонат натрия, яблочный полуфабрикат, крахмал, сухую эссенцию). После тщательного перемешивания смесь направляют на автоматические весы, а затем на палеторасфасовочную машину.

Совершенствование производства напитков на основе сухого УМК заключалось в модификации рецептур, предусматривающих замену сахарозы 13–25 % и пищевых кислот 25–75 %. Микробиологические показатели напитков, выработанных на основе УМК, находятся на уровне контрольных образцов (КМАФАнМ, КОЕ/г не более $3 \cdot 10^4$). Срок хранения сухих напитков с УМК-ОС установлен 6 месяцев при температуре 10–12 °С и влажности воздуха не более 75 %.

Кисломолочные напитки с сухим углеводо-минеральным концентратом. Высокое содержание лактозы и молочной кислоты в сухом углеводо-минеральном концентрате создает

предпосылки для его использования в технологии кисломолочных напитков как ускорителя технологического процесса сквашивания молока и стабилизатора консистенции.

Наилучшая органолептическая оценка кисломолочных напитков, обогащенных сухим УМК, и полученных по традиционной технологии простокваши термостатным способом, была в образцах с массовой долей УМК-ООС 4–5 %. Внесение этого количества концентрата позволило сократить технологическую операцию сквашивания на 1–1,5 ч. Кроме того, кисломолочные напитки с УМК характеризуются увеличением эффективной вязкости (рис. 19.16).

Наиболее структурированным является образец, содержащий 6 % УМК-ООС, что коррелирует с более высокими прочностными свойствами, определяемыми органолептическим путем: густок плотный, тягучий, без следов газообразования и выделения сыворотки.

Соответствие кривых течения напитков с УМК основным реологическим законам позволяет утверждать, что течение густок по трубам при их транспортировке в ходе технологического процесса не будет отличаться от характера течения густка контрольного образца (простокваши). Это исключает необходимость пересмотра аппаратного оформления технологии кисломолочных напитков с применением сухого УМК, например, напитка «Донской».

Алкобольные напитки с ультрафильтратом творожной сыворотки. Изучена возможность применения ультрафильтрата творожной сыворотки в технологии алкобольных напитков различных групп (аперитивы, пунши, джины).

Органолептические свойства алкобольных напитков на основе ультрафильтрата творожной сыворотки улучшаются за счет появления специфических сывороточных тонов во вкусе и запахе, обусловленных присутствием пептидов, свободных аминокислот, альдегидов, кетон, летучих жирных кислот. Кроме того, **лактоза, способная адсорбировать запахи**, усиливает травяные ароматы настоев растительного сырья и придает напиткам более сладкий вкус. В табл. 19.32 приведены органолептические и физико-химические показатели некоторых видов алкобольных напитков, вырабатываемых с ультрафильтратом творожной сыворотки.

Таблица 19.32. Показатели качества ликеро-водочных напитков на основе ультрафильтрата творожной сыворотки

Показатель	Аперитив «Фея»	Джин «Ароматный»	Пунш «Рябиновый»
Внешний вид	Прозрачная жидкость золотисто-коричне- вого цвета	Бесцветная, прозрачная жидкость	Прозрачная жид- кость красно-ко- ричневого цвета
Вкус и аромат	Выраженный терпкий вкус, освежающий сывороточный аромат с оттенком корицы	Мягкий, сладковатый, слегка жгучий, харак- терный для джина. Освежающий сы- вороточный аромат с оттенком можжеве- ловой ягоды	Выраженный слад- ковато-терпкий вкус с характер- ным ароматом черно-плодной рябины
Крепость, %	30	45	17
Массовая концентрация, г/см ³			
экстракта	18,5	—	38,0
сахара	12,6	—	35,5
кислот в пересчете на лимонную	0,7	0,1	0,9

С учетом оценки стойкости и прозрачности (отсутствие признаков опалесценции или осадка), а также микробиологических показателей установлены сроки хранения напитков на основе ультрафильтрата творожной сыворотки (аперитивы и пунш — 2 мес., джин — 6 мес.), что соответствует хранимоспособности алкогольных напитков, относящихся к группам аперитивов, пуншей и джинов.

Технологический процесс производства алкогольных напитков на основе ультрафильтрата сыворотки включает следующие стадии:

- подготовка рецептурных компонентов (водно-спиртовых экстрактов растительного сырья);
- получение ультрафильтрата творожной сыворотки и молочно-растительного экстракта стевии;
- приготовление белого инвертного сиропа;
- приготовление купажа напитков холодным способом;
- фильтрование и охлаждение купажа до $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- розлив, укупорка, маркировка напитков.

Предложенная технология позволяет получать напитки с качественно новыми органолептическими свойствами, содержащими ценные компоненты молочной сыворотки (лактозу, макро- и микроэлементы, витамины), а также физиологически активные вещества растительного сырья, оказывающие позитивное действие на организм человека. Эффективность предложенных технических решений по производству алкогольных напитков на основе ультрафильтрата творожной сыворотки представлена в табл. 19.33.

Таблица 19.33. Преимущества новых технических решений по производству алкогольных напитков на основе ультрафильтрата творожной сыворотки

Продукт	Преимущества нового технологического решения	Функциональность и обогащенность
Аперитив «Фея»	Сокращение расхода лимонной кислоты (67 %), обогащение биологически активными веществами растительного сырья, функциональными ингредиентами молочного сырья	Обогащенный. Дубильные вещества, инулин, фруктоза, лактоза, флавоноиды, эфирные масла, Са, Р, Na, К, Mg, витамины В ₁ , В ₂ , РР, С, каротиноиды
Джин «Ароматный»	Сокращение расхода сахара (17 %), обогащение биологически активными веществами растительного сырья, функциональными ингредиентами молочного сырья	Обогащенный. Лактоза, флавоноиды, пектиновые вещества, эфирные масла, Са, Р, Na, К, Mg, витамины В ₁ , В ₂ , РР, С
Пунш «Рябиновый»	Полная замена лимонной кислоты, сокращение расхода сахара (28 %), обогащение биологически активными веществами растительного сырья, функциональными ингредиентами молочного сырья	Обогащенный. Лактоза, дубильные вещества, флавоноиды, эфирные масла, Са, Р, Na, К, Mg, витамины В ₁ , В ₂ , РР, С

Низкокалорийные десертные продукты с ультрафильтратом творожной сыворотки. Ультрафильтрат творожной сыворотки апробирован в качестве ингредиента в технологии некоторых десертных молочносодержащих продуктов, заменяющего воду в их рецептурах и повышающего пищевую ценность.

Низкокалорийное плодово-ягодное мороженое. В качестве базовой основы для разработки нового вида мороженого, характеризующегося повышенной пищевой ценностью и функциональной направленностью, применяли плодово-ягодное мороженое, обязательным компонентом которого является сахароза. При разработке рецептуры мороженого, обогащенного

биологически активными веществами, произведена частичная замена сахарозы концентратом стевии. Основной компонент концентрата — стевиозид относится к природной биологической пищевкусовой добавке натурального происхождения и придает функциональную направленность продуктам. Он низкокалориен, в 300 раз слаще сахарозы, не требует для усвоения выделения инсулина, снижает уровень содержания сахара в крови, нормализует белковый, углеводный и минеральный обмены, не вызывает кариеса и диатезов. Важное значение имеет также способность стевиозида модифицировать и усиливать запах ароматизирующих композиций, поскольку в мороженом ароматическая составляющая имеет принципиальное значение.

Кроме того, вместо воды (одного из основных рецептурных ингредиентов плодово-ягодного мороженого) предложено использовать ультрафильтрат творожной сыворотки. Введение в рецептурную композицию мороженого ультрафильтрата восполняет недостаток сухих веществ, образующийся из-за частичной замены сахарозы на концентрат стевии, улучшает структуру продукта, органолептические свойства и повышает пищевую ценность.

Совершенствование производства низкокалорийного мороженого на основе ультрафильтрата заключается в модификации рецептуры, предусматривающей замену воды (100 %), сахарозы (55–60 %) и лимонной кислоты (75 %), введение дополнительной стадии получения ультрафильтрата с полным сохранением последовательности и режимов традиционной технологии. В качестве плодово-ягодного наполнителя используется варенье черничное. Показатели качества мороженого «Черничка» приведены в табл. 19.34.

Таблица 19.34. Показатели качества мороженого «Черничка»

Показатель	Значение
Вкус и аромат	Чистые, явно выраженные, без посторонних привкусов и запахов
Консистенция	Однородная во всей массе, без ощутимых кристаллов льда, достаточно плотная, допускается слабоснежистая структура
Цвет	Красноватый с коричневым оттенком, допускается неравномерная окраска
Массовая доля сухих веществ, %, в т. ч.	29,5–30,5
сахарозы	11,0–12,0
лактозы	2,7–3,2
Кислотность, °Т	70–75

Мороженое «Черничка» характеризуется высокой пищевой ценностью и относится к продуктам, обогащенным функциональными ингредиентами: пищевые волокна (18 %), лактоза (16 %), Са (51 %), К (5 %), витамины В₂ (4 %), С (18 %). Низкокалорийный: энергетическая ценность мороженого составляет 62 ккал/100 г.

Низкокалорийное молокосодержащее желе. Продукты желеобразной консистенции относятся к оптимальным объектам для обогащения физиологически ценными функциональными нутриентами молочного сырья. Структурно-механические свойства желе способствуют заключению микронутриентов вносимого компонента в «решетку», что способствует их максимальной сохранности и частично предотвращает реакции, изменяющие органолептические и физико-химические показатели готового продукта.

При разработке рецептурных композиций низкокалорийного молокосодержащего желе проводили полную замену традиционных ингредиентов желе (вода, лимонная кислота) ультрафильтратом творожной сыворотки, сахара — концентратом сладких веществ стевии.

Совершенствование производства низкокалорийного желе на основе ультрафильтрата заключается в модификации рецептур, предусматривающих замену воды (64–77 %), сахарозы

(100%) при одновременном обогащении ингредиентами молочного и растительного сырья, в т. ч. и функциональными, введении дополнительных стадий получения ультрафильтрата и пюре дайкона с полным сохранением последовательности и режимов традиционной технологии. Разработано два вида низкокалорийного желе «Вояж» и «Новинка», показатели качества которых приведены в табл. 19.35.

Таблица 19.35. Органолептические и физико-химические показатели низкокалорийных молочносодержащих желе

Показатели	Значения	
	Желе «Вояж»	Желе «Новинка»
Внешний вид	Поверхность гладкая, без капель жидкости	
Вкус и аромат	Приятный чистый, ярко выражен	
Цвет	Равномерный по всей массе, обусловлен особенностями используемого сырья	
Консистенция	Хрустящая, студнеобразная, однородная	Плотная, студнеобразная, однородная
Массовая доля сухих веществ, %	7,4–7,5	8,5–8,8
в т. ч. лактозы	3,2–3,4	2,1–2,3
Кислотность, °Т	72–75	72–75

Молочно-растительный десертный продукт мусс «Загадка». Изучена возможность использования УФ-концентрата творожной сыворотки в технологии структурированных десертов при разработке рецептурной композиции нового комбинированного молочно-растительного мусса «Загадка» [78]. При разработке рецептуры нового продукта повышенной биологической ценности в качестве растительного наполнителя использовали пюре дайкона. Результаты аминокислотного анализа УФ-концентрата творожной сыворотки и пюре дайкона, выполненного методом капиллярного электрофореза, показали, что молочная и растительная системы дополняют друг друга по составу аминокислот, повышая биологическую ценность комбинированного продукта (рис. 19.17).

Для стабилизации консистенции десертного продукта применяли бинарную смесь структурообразующих веществ (желатин–пектин), которые при совместном использовании проявляют синергический эффект и обеспечивают однородную устойчивую структуру мусса на протяжении всего срока хранения.

С целью оптимизации количества овощного наполнителя в продукте исследовали рецептурные композиции с содержанием пюре дайкона от 10 до 30 мас. %. Массовая доля стабилизатора при этом оставалась постоянной (3 мас. %). Продукт взбивали в течение 5 минут при частоте вращения мешалки 5 с^{-1} [$t = (4-6)^\circ\text{C}$]. При оценке дисперсности (рис. 19.18) установлено, что в рецептурных композициях с содержанием пюре дайкона до 25 мас. % большинство пузырьков воздуха (около 80 %) имеют средний размер менее 40 мкм. В продукте, содержащем 30 мас. % овощного пюре, образуется неравномерная пена, в которой 60–65 мас. % пузырьков такого размера, остальные размером 80 мкм и выше.

С учетом органолептических и физико-химических показателей модельных рецептурных композиций оптимальное содержание овощного наполнителя в комбинированной молочно-растительной системе составляет 20 %.

При соотношении желатин: яблочный пектин 2 : 1 и 1 : 1 средний размер пузырьков воздуха около 40 мкм, увеличение содержания пектина приводит к появлению крупных пузырьков воздуха и ухудшает качество взбитого десерта.

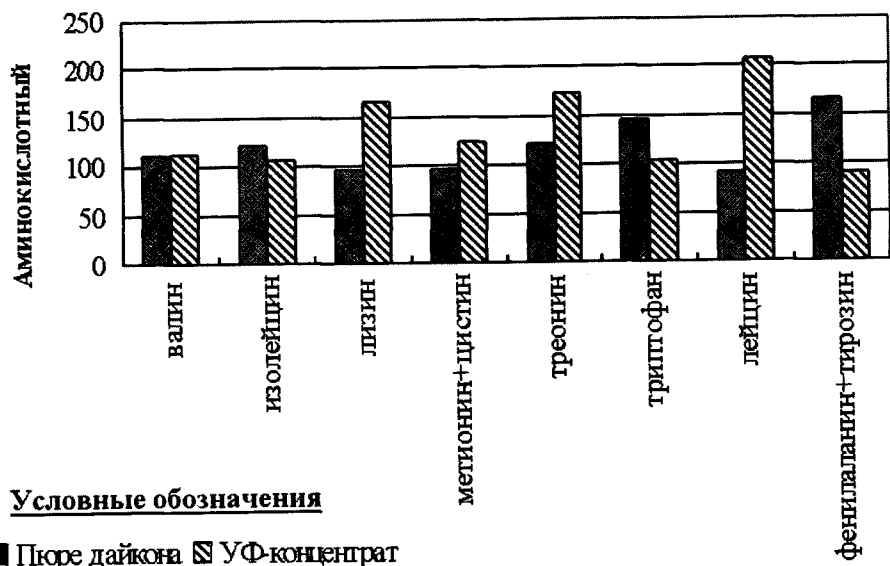


Рис. 19.17. Сравнительный анализ аминокислотного сора УФ-концентрата творожной сыворотки и пюре дайкона

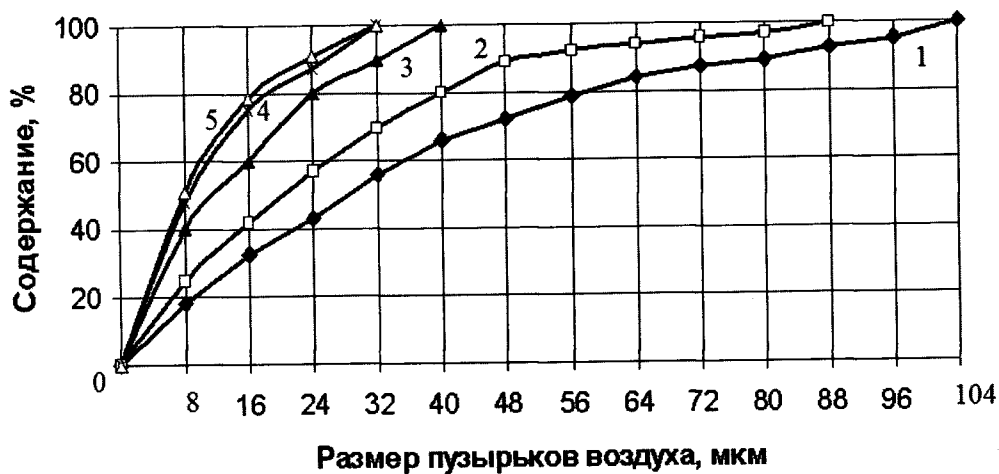


Рис. 19.18. Дисперсность воздушной фазы взбитого десертного продукта с содержанием пюре дайкона, мас. %: 1 — 30, 2 — 25, 3 — 20, 4 — 15, 5 — 10

Предельное напряжение сдвига (прочность), а также вязкость — объективные показатели, характеризующие способность продукта сохранять структуру. Излишне плотная консистенция характерна для продукта при прочности от 900 до 1500 Па и градиенте скорости сдвига от 1 до 145 с⁻¹. При прочности 150–500 Па и градиенте скорости сдвига от 1 до 145 с⁻¹ продукт плохо сохраняет консистенцию, принимает кремообразную форму. С увеличением градиента скорости сдвига снижается эффективная вязкость продукта, разрушается его структура. Процесс обработки продукта необходимо осуществлять при сравнительно небольшой скорости сдвига, это уменьшает разрушение структуры и должно быть учтено при выборе технологических параметров производства продукта.

Взбитый молокосодержащий десерт занимает промежуточное положение между жидкими и твердыми системами, является их сложной композицией и характеризуется вязкостью, пластичностью, упругостью. Добавление растительного сырья повышает предельное напряжение сдвига системы и является фактором упрочнения структуры продукта.

При изучении влияния овощного пюре на реологические свойства продукта установлено, что увеличение массовой доли пюре дайкона с 10 до 15 % незначительно изменяет структурно-механические свойства системы. Увеличение массовой доли овощного наполнителя с 10 до 30 мас. % увеличивает вязкость с 20 до 55 Па·с. Максимальная эффективная вязкость достигается при содержании желатина 3 мас. % и составляет 68 Па·с при 4 °С и 55 Па·с при 20 °С.

Лучшими органолептическими и структурно-механическими показателями характеризуется продукт, содержащий 3 мас. % стабилизатора и 20 мас. % овощного пюре, т.е. соотношение желатин: яблочный пектин равно 1 : 1. При этом эффективная вязкость составляет 50 Па·с, что обеспечивает консистенцию, удовлетворяющую требованиям к данной ассортиментной группе продуктов.

Органолептические и физико-химические показатели мусса «Загадка» приведены в табл. 19.36.

Таблица 19.36. Показатели качества мусса «Загадка»

Показатель	Значение
Внешний вид	Взбитая масса, хорошо удерживает форму
Консистенция	Воздушная, с равномерным распределением пузырьков воздуха
Вкус, запах, аромат	Сладкий вкус с выраженным ароматом грейпфрута
Титруемая кислотность, °Т	2,4
Плотность, г/см ³	0,8
Удельный объем, см ³ /г	1,17
Активная кислотность, рН	4,5
Массовая доля сухих веществ, %, в т. ч.	12,3
белков	4,5
лактозы	3,5
Энергетическая ценность продукта, ккал/100 г	45,4

Низкая энергетическая ценность продукта позволяет использовать мусс для диетических, в частности, диабетических рационов питания.

Динамика изменения активной и титруемой кислотности, микробиологических показателей мусса в процессе хранения позволяет прогнозировать стабильность этих показателей в течение семи суток хранения готового продукта. При хранении мусса в течение семи суток

незначительное изменение органолептических свойств не приводит к ухудшению качества продукта.

Технологическая схема производства предусматривает использование серийно выпускаемого оборудования, не усложняет процесс производства продукта и включает следующие операции:

- очистку творожной сыворотки от казеиновой пыли, ее ультрафильтрацию и получение УФ-концентрата;
- подготовку рецептурных ингредиентов — приготовление инвертного сахарного сиропа, подготовка желатина и яблочного пектина, получение пюре дайкона;
- составление молочно-растительной смеси;
- пастеризацию смеси;
- охлаждение, желирование, взбивание и расфасовку смеси.

При выборе режимов пастеризации молочно-растительной смеси необходимо учитывать низкую термоустойчивость сывороточных белков в составе УФ-концентрата с целью предотвращения их денатурации. Порог тепловой денатурации белков УФ-концентрата соответствует $55-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако видимое хлопьеобразование начинается при $(80 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и объем осадка резко возрастает. Максимальная тепловая денатурация белков происходит при $85-100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Принимая предельно допустимое значение степени денатурации белков 10%, установили режимы пастеризации УФ-концентрата: $(70 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 20 с; $(65 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 5 мин; $(60 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 10 мин. Для повышения термоустойчивости сывороточных белков и применения более жестких режимов тепловой обработки с целью улучшения микробиологических показателей готового продукта в УФ-концентрат вводят яблочный пектин (от 1 до 5 мас.%), который повышает термоустойчивость сывороточных белков до $85-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ без видимого хлопьеобразования. Для молочно-растительной смеси принят температурный режим пастеризации $(68 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин. Мусс «Загадка» хранят при $4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 7 сут.

Химический состав и пищевая ценность мусса приведен в табл. 19.37.

Таблица 19.37. Химический состав и пищевая ценность мусса «Загадка»

Компонент	Суточная потребность, г	Содержание, мас. %	Удовлетворение суточной потребности за счет 100 г продукта, %
Белки	80–100	4,6	6,5
Углеводы:			
лактоза	18,5	3,5	26,9
крахмал	400–500	1,3	0,3
пектин	25	4,5	18,0
Органические кислоты	2,0	0,4	21,5

Мусс «Загадка» характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, относится к функциональным продуктам (показатели функциональности — лактоза, аскорбиновая кислота), т. к. обогащен функциональными ингредиентами (аминокислоты, Ca, K, Mg, B₁, B₂, пектин).

Эффективность предложенных [77] технических решений по производству желеобразных продуктов с применением модифицированных форм творожной сыворотки представлены в табл. 19.38.

Таблица 19.38. Преимущества новых технических решений по производству желеобразных продуктов на основе творожной сыворотки

Продукт	Преимущества нового технологического решения	Функциональность и обогащенность
Молокосодержащее желе «Новинка»	Замена воды (64 %), замена сахара (100 %), обогащение функциональными ингредиентами и БАВ <i>Stevia Rebaudina B.</i> , повышение пищевой ценности, функциональности, сокращение расхода дорогих компонентов	Источник функциональных ингредиентов: лактоза (18 %), Са (5 %), К (5 %), витамин С (31 %). Низкокалорийный, снижение энергетической ценности (67 %)
Молокосодержащее желе «Вояж»	Замена воды (77 %), замена сахара (100 %) и лимонной кислоты (100 %), обогащение функциональными ингредиентами и БАВ <i>Stevia Rebaudina B.</i> , повышение пищевой ценности, функциональности, сокращение расхода дорогих компонентов	Обогащенный функциональными ингредиентами: пищевые волокна (7 %), лактоза (18 %), Са (6,2 %), К (11 %), Р (5 %), витаминами В ₂ (5 %), РР (5 %), С (31 %). Низкокалорийный, снижение энергетической ценности (58 %)
Мусс «Загадка»	Замена воды (100 %), замена сахара (100 %), замена лимонной кислоты (100 %), обогащение функциональными ингредиентами и БАВ <i>Stevia Rebaudina B.</i> , повышение пищевой и биологической ценности	Функциональный. Показатель функциональности — лактоза (27 %). Обогащенный Са (14 %), К (10 %), Mg (4 %), витаминами В ₁ (3 %), В ₂ (8 %), С (13 %), пектин (18 %). Низкокалорийный, снижение энергетической ценности (62 %)

Организация производства продуктов с применением модифицированных форм творожной сыворотки позволяет повысить эффективность использования вторичного молочного сырья, снижает себестоимость и повышает конкурентоспособность продукции из натуральных компонентов.

19.6. Использование гранулирования и окатывания молочной сыворотки в технологии быстрорастворимых напитков

На основе системных исследований по гранулированию с окатыванием А.М. Попов [79], с творческим коллективом последователей в составе школы проф. Л.А. Остроумова, реализовал линейку быстрорастворимых продуктов с использованием молочной сыворотки. Это совершенно новое направление, которое создано в отечественной пищевой индустрии. Научную основу приготовления быстрорастворимых продуктов (в зарубежной литературе — *инстант-продукты*) составляет физико-химическая механика дисперсных систем (глава 12).

Рассмотрев особенности технологий быстрорастворимых продуктов и их классификацию, проведя анализ технологических систем их производства (по «мокрому» и «сухому» способам) А.М. Попов предложил систему технологий напитков на основе молочной сыворотки и растительных ингредиентов. Из творожной сыворотки, используя метод окатывания в тарельчатом грануляторе, получают гранулированную сыворотку. Показатели качества сухой гранулированной сыворотки приведены в табл. 19.39.

Таблица 19.39. Органолептические показатели сухой гранулированной творожной сыворотки

Наименование показателя	Характеристика показателей
Внешний вид и консистенция	Гранулы компактные, плотные, округлой формы с матовой поверхностью. Величина гранул продукта 0,5–5 мм.
Вкус и запах	Вкус продукта — молочный, сладко-солончатый, слегка кисловатый, без наличия посторонних привкусов, запах — слабо выраженный сывороточный.
Цвет	Белый, слегка желтоватый
Массовая доля сухих веществ, % не менее:	97,5
в том числе:	
лактозы	70,5±1,5
белка	19±1
жира	1,5±0,5
зола	6,5±0,5
Кислотность сыворотки, восстановленной до массовой доли сухих веществ 6,0 %, °Т, не менее	64±10
Растворимость, см ³ сырого остатка, не более	0,7
Бактерии группы кишечных палочек в 0,1 г продукта	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта	Не обнаружены

Сенсорная оценка сухой гранулированной молочной сыворотки показала, что по потребительским свойствам продукт не уступает аналогу, а именно сухой сыворотке распылительной и пленочной сушки.

Аминокислотный состав сухой гранулированной молочной сыворотки, приведен в табл. 19.40.

Таблица 19.40. Аминокислотный состав сухой гранулированной творожной сыворотки

Наименование аминокислоты	Содержание, г на 100 г белка
Незаменимые, в том числе:	48
Валин	6,26
Изолейцин	5,81
Лейцин	9,05
Лизин	6,47
Метионин	2,99
Трсонин	6,68
Триптофан	4,37
Фенилаланин	6,37
Отношение к стандартной формуле ФАО, %	98,4
Заменимые, в том числе:	52,0
Аланин	4,4
Аргинин	2,2
Аспарагиновая кислота	10,6
Гистидин	2,0
Глутаминовая кислота	17,8

Окончание табл. 19.40.

Наименование аминокислоты	Содержание, г на 100 г белка
Пролин	4,9
Серин	5,5
Тирозин	2,5
Цистин	2,1

Приведенные данные показывают, что соотношение незаменимых аминокислот в сухой гранулированной сыворотке близко к стандартной формуле ФАО. В незначительном дефиците содержатся метионин и валин. Остальные незаменимые аминокислоты, такие как лизин, лейцин, треонин и триптофан находятся в продукте в количествах, превышающих их содержание в стандартном белке.

Биологическая ценность белков определяется сбалансированностью аминокислотного состава и атакуемостью белков ферментами пищеварительного тракта. Кроме этого, она зависит от соотношения лейцина и изолейцина в большей степени, чем от их абсолютного содержания, при этом соотношение данных аминокислот должно стремиться к 1,8. В сухой гранулированной молочной сыворотке, соотношение лейцина к изолейцину составляет $9,05 : 5,81 = 1,6$ что свидетельствует о высокой биологической ценности белков продукта.

Гранулированная молочная сыворотка характеризуется повышенным содержанием витаминов, особенно С. Минеральный состав представлен органическими (0,1–0,4 %) и неорганическими (0,6–0,7 %) соединениями. Из микроэлементов наибольший удельный вес занимают цинк — 190 мг/кг, железо — 0,17 мг/кг и кобальт — 0,49 мг/кг.

Установлено, что при хранении продукта в условиях низкой отрицательной температуры ($t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 85\%$), в холодильной камере (t от $+4$ до $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 55\%$) или при комнатной температуре и повышенной влажности (t от $+18$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 80\%$) сыворотка остается пригодной по уровню влажности и остальным показателям в течение двух лет.

Сухая гранулированная молочная сыворотка по составу, свойствам, биологической и пищевой ценности отвечает требованиям, предъявляемым к продуктам функционального назначения. Если ее рассматривать, как сырье для последующей переработки, то она представляет собой продукт, имеющий все необходимые компоненты для нормального развития микроорганизмов после ее восстановления.

Технология гранулирования сывороткосодержащих композиций. Разработана технология гранулированного плодово-ягодного напитка, обогащенного сывороткой, которая позволяет организовать безотходную переработку плодово-ягодного сырья, обеспечить высокую пищевую ценность получаемого напитка, за счет использования шрота и молочной сыворотки и, кроме того, упростить наиболее сложный этап при получении сухой сыворотки — этап сушки.

Основное преимущество предлагаемой технологии заключается в том, что для производства сухих гранулированных сывороткосодержащих смесей используется не сухая, а сгущенная сыворотка. Концентрированная сыворотка гранулируется вместе с ягодной мукой в тарельчатом грануляторе с активатором. Ввиду большой влагоемкости ягодной муки (водоудерживающая способность клетчатки различных ягод может достигать до 23,7 г воды/г клетчатки) и, следовательно, высокой рабочей влажности гранулирования, становится возможным вырабатывать композиции с содержанием сыворотки (в пересчете на сухое вещество) от 10 % до 50 %. Полученный гранулят имеет однородный состав, хорошую сыпучесть и прочность, достаточную для реализации процесса сушки в сушилках любых типов. При этом легко удается добиться щадящего режима сушки и максимального сохранения пищевой ценности продукта.

Гранулирование сыворотки с наполнителями из плодово-ягодного жома имеет свои особенности. Во-первых, схема гранулирования по «сухому» способу в этом случае не эффективна, вследствие пылеобразования и малой скорости пропитки, особенно при увлажнении концентрированной сывороткой. Капиллярная пропитка смеси сыворотки со шротом ягоды показала, что для его гранулирования предпочтительней использовать «полумокрый» способ гранулирования с предварительным увлажнением смеси. По нему смесь порошков (сахара, крахмала, муку из жома ягод) увлажняется перед поступлением в гранулятор до влажности 70–80 % от оптимальной для окатывания. Остальное количество влаги вносится непосредственно при гранулировании путем напыления раствора из сгущенной молочной сыворотки, что позволяет регулировать процесс гранулирования. Предварительное увлажнение и смешивание позволяет повысить однородность гранул и интенсифицировать процесс. Влажный гранулят имеет однородный состав, хорошую сыпучесть и прочность, достаточную для реализации процесса сушки в сушилках любых типов. При этом легко удается добиться щадящего режима сушки и максимального сохранения пищевой ценности продукта. В качестве наполнителей используют муку из жома, образующегося при отделении сока из ягод.

При имеющихся технологиях сокоотделения, в сок переходит не все имеющееся в ягоде количество водорастворимых веществ, часть остается в жоме. Плодовый (ягодный) жом можно, подобно молочной сыворотке, расценивать не как отход, а как ценное сырье, содержащее клетчатку, крахмал, протопектин, жирорастворимые пигменты и витамины. Жом ягоды высушивается до остаточной влажности не более 14 % (для прекращения развития микрофлоры и приостановления биохимических процессов) при температуре не более 60–65 °С (с целью максимального сохранения биологически активных составляющих) и подвергается измельчению на мельнице тонкого помола до крупности, когда мука проходит через сито с размером ячеек 0,25×0,25 мм. Обладая значительной влагоемкостью и практически не имея в составе водорастворимых веществ, мука жома ягод позволяет «связать» при гранулировании до 2 весовых частей сгущенной молочной сыворотки на одну весовую часть муки ягодного жома. Таким образом, вырабатываются плодово-ягодные композиции с содержанием сыворотки от 10 % до 50 %, которые могут быть использованы как пищевые добавки функционального назначения в кондитерской, хлебопекарной промышленности и при создании напитков. На основе таких композиций были разработаны и внедрены технологии быстрорастворимых киселей [80].

Гранулы сухих продуктов обладают капиллярно-пористой структурой, которая существенно влияет на свойства готового изделия. На пористость сухих молочных продуктов особое влияние оказывает температура и влажность. При поглощении паров воды структура гранул претерпевает существенные изменения. Это объясняется тем, что повышение содержания влаги в грануляте приводит к возникновению ряда процессов, обусловленных, главным образом, частичным растворением сахарной пудры, поглощением влаги крахмалом, а также переходом лактозы из аморфного состояния в кристаллическое, а части белка — в коллоидное. В результате этих процессов значительно изменяется пористость гранул киселя на основе молочной сыворотки. Кристаллизация лактозы вызывает появление новых пор, капилляров, трещин. При поглощении влаги крахмалом и белком происходит их набухание, а, следовательно, часть пор, капилляров и трещин частично закрывается. Этот процесс преобладает, в результате чего пористость гранул быстрорастворимых киселей вследствие их увлажнения существенно уменьшается. По мере расплавления сахарной пудры пористость гранул быстрорастворимых киселей уменьшается. С увеличением диаметра гранул наблюдается уменьшение их пористости. Оптимальный размер гранул должен находиться в интервале от 0,5 до 2,5 мм.

Исследование закономерностей кинетики инстантирования для быстрорастворимого гранулированного черничного киселя показало, что в интервале температур 20–90 °С происходит увеличение скорости инстантирования. Это происходит вследствие уменьшения

вязкости воды, в результате чего она более легко проникает в капилляры гранулы киселя, а также увеличения скорости растворения сахарной пудры. Увеличение температуры от 70 °С до 95 °С характеризуется также увеличением степени набухания (скорости клейстеризации) картофельного крахмала, таким образом, это приводит к двум противоположно направленным (взаимодополняющим) процессам: с одной стороны быстрое растворение сахарной пудры, а с другой – мгновенное набухание (клейстеризация) крахмала. В результате практически мгновенного образования геля скорость растворения сахарной пудры резко снижается, это приводит к образованию желеобразного продукта с включениями плодово-ягодной мякоти.

При изучении влияния температуры на структурообразование черничного киселя в процессе его восстановления было установлено, что в интервале температур 65–70 °С происходит резкое увеличение скорости набухания крахмала. При этом вязкость киселя продолжает плавно увеличиваться до температуры 85 °С, дальнейшее увеличение температуры восстановления до 100 °С приводит к снижению вязкости киселя. Это объясняется тем, что под воздействием высокой температуры происходит разрыв очень слабых водородных связей, поэтому в интервале температур 85–100 °С и наблюдается снижение вязкости напитка.

Оптимальной температурой восстановления быстрорастворимых гранулированных киселей является температура 85 °С, но так как в процессе заваривания киселя происходит частичная потеря тепла необходимо обеспечить первоначальную температуру приготовления продукта в пределах 95–100 °С.

Для готового продукта установлены режимы хранения: в условиях низкой отрицательной температуры ($t = -18$ °С, $W = 80$ %), в холодильной камере (t от +4 до +6 °С, $W = 55$ %) или при комнатной температуре и повышенной влажности (t от +18 до +20 °С, $W = 70$ %) в течение 6 мес. На протяжении всего срока хранения органолептические показатели гранулированного молочного киселя практически не менялись.

Следует отметить, что на данной методологической базе (глава 12) и изложенных выше результатах, в КемТИПП проведена целая серия разработок гранулированных продуктов [81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88]. Исследования продолжаются. Хотелось бы надеяться, что молочная сыворотка в гранулированном виде станет типовой составляющей природного происхождения всех напитков и киселей в жидком и сухом видах.

19.7. Использование сухой молочной сыворотки, лактулозы и сывороточных белков в функциональных молочных продуктах

Сохранение здоровья населения, в том числе опосредованно через лечебно-профилактическое питание, – приоритетное направление государственной политики РФ. Реализация национального проекта «Здоровье» связана с пропагандой здорового образа жизни и культуры потребления продуктов питания. Важнейшим условием решения этой проблемы является создание технологической основы для производства продуктов специализированного назначения, не только удовлетворяющих физиологические потребности организма человека в пищевых веществах и энергии, но и выполняющих профилактические и лечебные функции [89].

Современные подходы к технологии кисломолочных напитков функционального питания связаны с использованием сухих молочных продуктов в ферментированном виде [90]. Ряд отечественных ученых рекомендует применять в технологии ферментированных молочных

продуктов гидролизаты молочных белков, которые можно использовать для активизации культур [91].

На кафедре технологии молока и молочных продуктов Омского ГАУ разработан «Продукт кисломолочный десертный». При производстве этого десертного продукта для активизации бактериального концентрата «Бифиллакт-АД» использовали гидролизат сухого обезжиренного молока (СОМ) и сухой молочной сыворотки (СМС). Для приготовления гидролизата готовили смесь СОМ и СМС. Белковые композиции восстанавливали до категории продуктов с промежуточной влажностью (0,9–0,6), пастеризовали при температуре $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 5–10 мин. и затем охлаждали до температуры 50–55 $^\circ\text{C}$, которая является рекомендуемой для действия протолитических ферментов: пепсин и панкреатин. Гидролиз проводили 14–16 ч, степень гидролиза составляла 55–60%.

Для активизации жизнеспособных клеток пробиотических культур бакпрепарат «Бифиллакт-АД» вносили в гидролизированный белковый компонент и активизировали при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 4–5 ч, затем активизированный бакпрепарат использовали для ферментации сливочно-растительной среды с морковным соком. Процесс ферментации проводили при стандартных условиях в течение 5 ч.

В настоящее время расширяются области применения олигосахаридов в качестве пребиотиков, причем основной сферой их использования остается молочная промышленность. Однако вопросы взаимодействия пребиотиков и заквасочной микрофлоры недостаточно изучены. Исследования, проведенные в СевКавГТУ с лактулозой, показали, что к основным факторам, влияющим на эти взаимодействия, относятся состав заквасочной микрофлоры, концентрация и форма внесения пребиотика, продолжительность сквашивания, созревания и хранения продуктов [92]. Было изучено влияние лактулозы на развитие заквасочной микрофлоры отечественного производства, широко применяемой в молочной промышленности: КДС для сметаны (*Lac. lactis ssp. cremoris*, *Lac. lactis ssp. lactis biovar diacetylactis*); МСТ для творога (*Lac. lactis ssp. lactis*, *Lac. lactis ssp. cremoris*, *Lac. lactis ssp. lactis biovar diacetylactis*); для йогурта (*Str. thermophilus*, *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus*). В качестве источника лактулозы использовали промышленно выпускаемые сиропы с массовой долей лактулозы 67 г в 100 мл. Закваски культивировали при оптимальных условиях для развития микрофлоры, после чего образцы охлаждали до $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$ и в дальнейшем хранили при этой температуре 14 сут. Результаты измерений активной и титруемой кислотности для всех видов заквасок показали, что внесение лактулозы незначительно влияет на изменение pH и титруемой кислотности: отклонения измеряемых значений не превышают 5%.

При культивировании закваски для сметаны количество микроорганизмов через 7 сут. находится на уровне 10^9 , при добавлении лактулозы — на порядок выше, через 14 сут. — без внесения лактулозы 10^7 и 10^8 — с лактулозой. Кроме того, внесение лактулозы способствует образованию более плотного сгустка, что может свидетельствовать об образовании экзополисахаридов. Установлено, что внесение лактулозы может оказывать влияние на физико-химические свойства сметаны и использоваться для формирования устойчивой консистенции при производстве сметаны пониженной жирности.

При культивировании закваски для йогурта через 7 сут. в продукте было 10^9 без лактулозы, при ее внесении — на два порядка выше, а через 14 сут. — 10^8 без лактулозы и 10^9 с лактулозой. Внесение лактулозы при использовании закваски для творога МСТ показало, что жизнеспособность микроорганизмов осталась такой же, как и при производстве творога без лактулозы. Приведенные исследования подтверждают вывод о том, что на результат взаимодействия лактулозы и пробиотиков оказывает влияние не только видовой, но и штаммовый состав заквасок.

Симбиотические продукты линии «Для здоровья», разработанные в ГУ ЯГИЛМ-СП Г. Б. Гавриловым [93], выполняют наряду с общепринятыми функциями и нормализацию микрофлоры кишечника. Эта линейка продуктов обогащена пребиотиком лактулозой, кото-

рую вносили в виде концентрата «Лазет». С целью использования концентрата лактулозы «Лазет» в составе пищевых продуктов в Институте питания РАМН проведены исследования оценки его эффективности, которые показали наличие пробиотического эффекта, улучшение активности функционирования кишечника у 75 % лиц, способность улучшать баланс микробных популяций в толстом кишечнике, повышение продукции секреторного иммуноглобулина А, улучшение метаболизма витаминов [94]. В табл. 19.41 представлен перечень разработанных продуктов указанной серии.

Таблица 19.41. Ассортимент продуктов серии «Для здоровья»

Перечень продуктов для здоровья	Массовая доля жира, %
Молоко коровье пастеризованное с лактулозой, в т. ч. с витамином С	2,5; 3,2; 3,5;
Кисломолочный продукт с лактулозой «Лазет-Бифи», в т. ч. витаминизированный	2,5; 3,2; 4,5; 6,0
Био-простокваша мечниковская с лактулозой	4,0
Био-простокваша с лактулозой витаминизированная	2,5; 3,2; 4,0; 6,0
Био-кефир с лактулозой	1,5; 3,2; 4,5; 6,0
Био-ряженка с лактулозой, в т. ч. витаминизированная	2,5; 3,2; 4,0; 6,0
Био-сметана с лактулозой, т. ч. витаминизированная	15; 20; 25; 30
Био-йогурт с лактулозой фруктовый и/или ароматизированный, и/или фруктовый ароматизированный, или сладкий, или сладкий ароматизированный, в т. ч. витаминизированный	1,5; 3,2; 4,5; 6,0
Био-варенец с лактулозой, в т. ч. витаминизированный	2,5; 3,2; 4,0; 6,0
Био-творог с лактулозой, в т. ч. витаминизированный	5,0; 9,0; 15,0; 18,0
Био-паста творожная с лактулозой фруктово-ягодная, и/или витаминизированная, и/или шоколадно-ореховая,	5,0; 7,5
Био-паста творожная с лактулозой шоколадно-ореховая витаминизированная	5,0; 7,5
Сырок творожный глазированный с лактулозой и ванилином, и/или какао, и/или орехами, и/или кокосовой стружкой, и/или вареным сгущенным молоком, и/или мармеладом, и/или мягкой карамелью, и/или фруктово-ягодной начинкой, в т. ч. витаминизированный	10; 15; 20; 25
Сыр мягкий «Лазеталь» сладкий, или соленый, или с укропом, или соленый, или с тмином, с лактулозой, или с провансальскими травами, в т. ч. витаминизированный	5,0; 10,0
Био-кефир нежирный с лактулозой, в т. ч. витаминизированный	1,0
Био-кефир обезжиренный с лактулозой, в т. ч. витаминизированный	0,05
Молоко питьевое коровье топленое маложирное или классическое, или жирное с лактулозой, в т. ч. витаминизированное	1,2; 1,5; 2,0; 2,5 2,7; 3,0; 3,2; 3,5 4,7; 5,0; 5,5; 6,0
Био-паста творожная термизированная нормальной жирности с лактулозой фруктово-ягодная, и/или со специями в т. ч. витаминизированная	5,0; 7,0; 9,0
Напиток кисломолочный нежирный «Айрап-лазет» с лактулозой, в т. ч. витаминизированный	1,0; 1,5; 2,0; 2,5
Мороженое молочно-растительное или сливочно-растительное, или растительно-молочное или растительно-сливочное (нежирное, нормальной жирности, жирное);	От 0 до 12
Продукт кисломолочный с лактулозой «Лазеталь» и/или с фруктовым (фруктово-ягодным) наполнителем, в т. ч. витаминизированный	2,5; 3,2; 4,0; 6,0
Продукт кисломолочный «Мацони» маложирный или классический, или фруктово-ягодным (фруктовым) наполнителем, или с лактулозой	1,5; 2,7; 3,2

Окончание табл. 19.41

Перечень продуктов для здоровья	Массовая доля жира, %
Продукт кисломолочный жирный «Мацони-Катык»	6,0
Продукт молочный пастеризованный «Довга», в т. ч. с лактулозой	1,30; 3,0; 1,6

Предложенные технические решения внедрены в различных отраслях отечественной пищевой промышленности. Большинство из них имеет научную новизну, подтвержденную патентами Российской Федерации. Организация производства молочных продуктов с лактулозой возможна практически на любом молочном предприятии. С использованием КСБ-УФ/ЭД разработаны следующие продукты детского питания: «Новолакт-ММ» — для искусственного вскармливания недоношенных детей; «Бифидолакт» — для искусственного и смешанного вскармливания здоровых детей первого года жизни, а также ослабленных (с гипотрофией и дисбактериозом). По оценкам института питания потребность в концентратах в детском питании составляет 15 тыс. тонн в год сухого продукта.

Российскими биотехнологами синтезирован комплексный пребиотик «Лаэль», который состоит из фермента лизоцима и лактулозы, которые подавляют рост патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, нормализуя микрофлору кишечника. «Лаэль» также обладает гепатопротекторным действием, защищая печень от неблагоприятных факторов. В Донском государственном аграрном университете творческим коллективом под руководством доц. В. В. Крючковой разработана серия функциональных кисломолочных продуктов с комплексным пребиотиком «Лаэль»: напиток кефирный с «Лаэлем»; йогуртный; ряженковый и бифидосодержащий, творожный десерт и сметанный продукт [95, 96, 97]. Использование комплексного пребиотика «Лаэль» в производстве кисломолочных продуктов: напитках, сметанных продуктах и творожных изделиях позволяет создать новые изделия с заданным составом, улучшить их органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, увеличить срок хранения. Там же разработана линейка бифидосодержащих кисломолочных напитков бренда «Лактимос», обогащенных лактулозой и/или биопрепаратом «Лактоглобулин» (разработка Ростовского НИИ микробиологии и паразитологии) [98]. «Лактоглобулин» представляет собой лиофилизированную фракцию иммуноглобулинов молозивной сыворотки коров (не менее 96 % глобулиновых фракций классов *IgG*, *IgA* и *IgM*). Технологическая схема производства обогащенных кисломолочных напитков «Лактимос» резервуарным способом представлена на рис. 19.19.

Сок облепихи вносится только в ряженковый напиток, так как в кефирном напитке кисломолочный вкус и запахи не гармонируют с привкусом и ароматом облепихи. Сок облепихи (пастеризованный при температуре $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 10–15 мин) вводят в охлажденный сквашенный кисломолочный напиток для повышения биологической ценности продукта.

Современные подходы к питанию диктуют необходимость создавать, наряду с традиционными, и новые кисломолочные продукты на комбинированной основе, в том числе — замороженные с пребиотиками, в частности, с лактулозой. Так, в странах Европы и Америки достаточно широко распространено производство кисломолочного мороженого. К наиболее популярному продукту этой группы в мире можно отнести замороженный йогурт. В России кисломолочное мороженое составляет на рынке менее 1 %. В МГУПБ создан новый консорциум пробиотических культур (*L.rhammosus*, *L.acidophilus* и *Str. thermophilus*) и обоснованы условия его применения в технологии мороженого «Кисломолочное мороженое без сахарозы» и «Мороженое без сахарозы» [99, 100]. Присутствие в смеси стандартного количества сахарозы (18 %) на два порядка сдерживает развитие стартовых культур. Частичная замена сахарозы в рецептуре мороженого на лактулозу в виде препарата «Лаэль» (содержит 40 % лактулозы) позволила активизировать развитие культур в смесях для мороженого (количес-

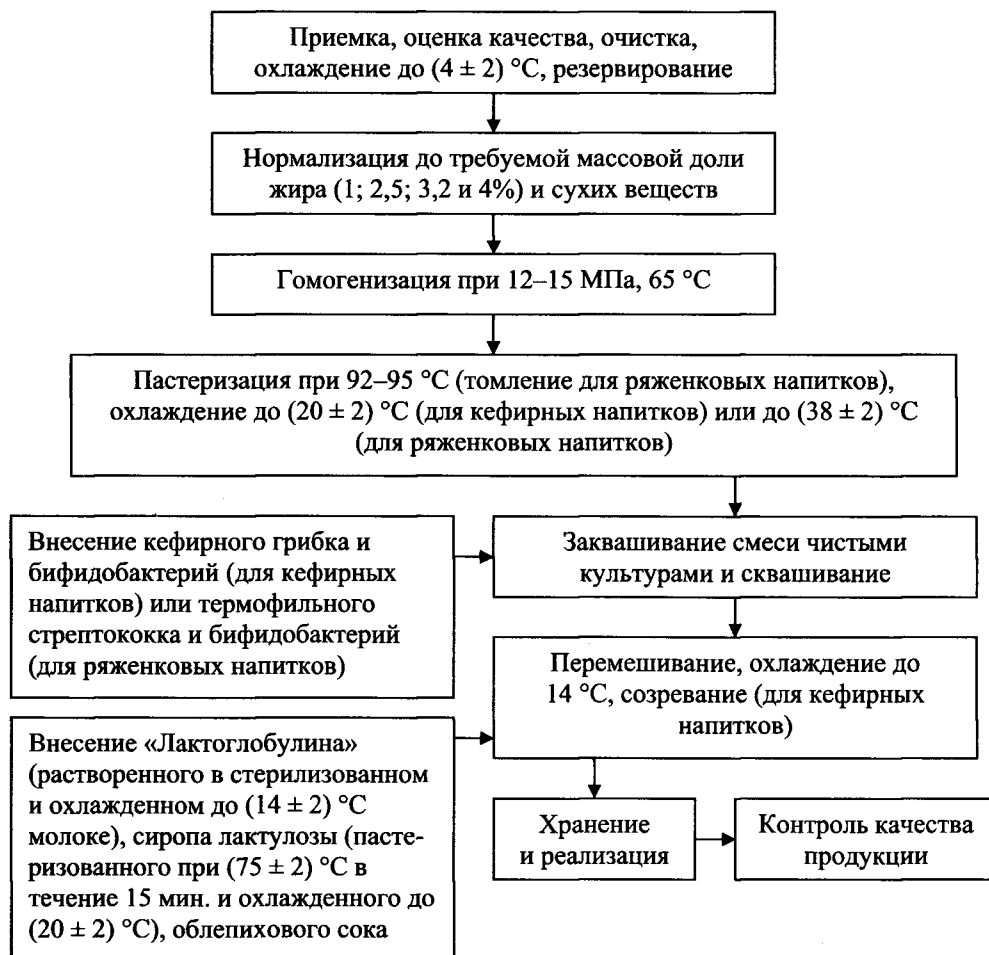


Рис. 19.19. Технологическая схема производства бионапитков «Лактимос»

тво клеток в среднем увеличивается в 100 раз) и улучшить органолептические показатели готового продукта.

Для повышения биологической ценности и лечебно-профилактического действия кисломолочных продуктов можно использовать в составе рецептуры молочные концентраты, содержащие молочные белки и лактулозу. Такие продукты позволяют улучшить сбалансированность по аминокислотному составу, снизить калорийность, содержание насыщенных жирных кислот и холестерина. Среди молочных концентратов особый интерес представляет пищевой деминерализованный бифидогенный концентрат «Лактобел-ЭД». На основе данного концентрата в СевКавГТУ были разработаны рецептуры кисломолочных напитков «Кремола» (заквасочная микрофлора — термофильный стрептококк и ацидофильная палочка) и «Ацилак» (заквасочная микрофлора — кефирная закваска и ацидофильная палочка) [101]. Установлено, что внесение «Лактобел-ЭД» в кисломолочные напитки способствует повыше-

нию их влагоудерживающей способности и вязкости сгустка. При этом, чем выше концентрация бифидогенного концентрата, тем больше значения этих показателей (табл. 19.42).

Таблица 19.42. Влияние концентрации бифидогенного концентрата «Лактобел-ЭД» на влагоудерживающую способность и вязкость сгустка

Показатели	Концентрация «Лактобел-ЭД», %				
	Контроль	6	8	10	12
Титруемая кислотность, °Т	93/113	95/107	90/97	90/117	90/114
Вязкость, мПа · с	70,4/51,4	72,7/53,9	78,2/60,2	83,4/67,7	85,5/70,1
Отстой сыворотки, %	24/27	20/25	15/17	12/12	10/13

Примечание: числитель — термофильный стрептококк: ацидофильная палочка;
знаменатель — кефирная закваска: ацидофильная палочка.

По органолептическим показателям оптимальной концентрацией является доза 8 %, дальнейшее увеличение концентрации приводит к чрезмерно плотной консистенции и появлению порока вкуса — ощущается мучнистый привкус. Было изучено влияние функциональных свойств напитка «Кремола», на антипатогенную и антираковую активность. «Кремола» дает положительную, устойчивую динамику подавления роста болезнетворной микрофлоры — *E. coli*, штаммы *EPEC* и *VTEC*, *Salmonella tiphimurium*, *Clostridia difficile* и *S. aureus*. Через 24 ч культивирования наблюдалось полное подавление этих патогенных микроорганизмов, кроме *E. coli*, штаммы *EPEC* и *VTEC*. Установлено, что внесение кисломолочного напитка «Кремола» в образец, содержащий раковые клетки, снижает количество клеток с поврежденным ДНК.

Среди многообразия пищевых добавок при производстве продуктов функциональной направленности в последнее время особое внимание уделяется белковым препаратам, в частности, сывороточным белкам. Сывороточные белки стимулируют иммунную систему, повышают уровень инсулиноподобного фактора роста, понижают содержание холестерина в крови сильнее, чем казеин и соевый белок.

Критериями выбора белковых препаратов (концентрат, изолят, гидролизат) для создания функциональных напитков являются физико-химические характеристики, биологическая ценность и стоимость. Требования к физико-химическим характеристикам белка различаются в зависимости от вида производимого напитка и технологии. Наиболее важными физико-химическими характеристиками белка при производстве функциональных напитков являются: растворимость, вязкость, эмульсионные свойства и диспергируемость.

Сывороточные белки обладают высокой растворимостью, однако во время нагревания и обработки химическими веществами белковых растворов необходимо соблюдать определенную осторожность. Тепловая обработка в интервале температур 60–140 °С вызывает значительное изменение структуры и растворимости сывороточных белков, в том числе сравнительно термостабильных α -лактальбумина и β -лактоглобулина. Чувствительность к тепловой денатурации в большей степени зависит от pH. Белки наиболее чувствительны к тепловой обработке при pH 4,6, а также в интервале 5,8–6,2, а наиболее стабильны при pH 2,5–3,5 и выше 6,5 [102].

Растворимость в воде зависит от способа получения препаратов сывороточных белков. Растворимость большинства УФ-концентратов сывороточных белков составляет около 90 % в интервале pH 3,0–8,0 (максимальная — до 96 % наблюдается при pH 6,5). Растворимость концентратов сывороточных белков, полученных термокоагуляцией, при pH 2,5–3,0 составляет 78 %, а при pH 3,5–51 %. Белковые изоляты, выделенные по технологии нанофильтрации, имеют растворимость 98 % при pH 3,0 и лишь 35 % при pH 4,5.

Использование ультрафильтрации позволяет получить из молочной сыворотки концентраты в нативной форме (КСБ-УФ) с различным содержанием белка (от 35 до 80 %) [41]. Выделенные концентраты хорошо растворяются в воде в широком диапазоне pH. Это позволяет использовать их в производстве кисломолочных напитков различной кислотности. КСБ можно вносить в молочную основу двумя путями [103]. Первый — предварительное восстановление КСБ в воде и составление смеси с молочным сырьем. Такой путь предпочтительно использовать молокоперерабатывающим заводам при дефиците молока-сырья или работающим с сухими молочными ингредиентами. Второй путь — восстановление КСБ непосредственно в молоке. При внесении КСБ в молочную основу необходимо уделить особое внимание нормализации смеси по белку. Это один из основных факторов, определяющих стабильность и качество структуры кисломолочного геля.

КСБ перед использованием предварительно восстанавливают в воде. Соотношение КСБ и молока зависит от режимов тепловой обработки нормализованной смеси. Следует учитывать, что сывороточные белки влияют на устойчивость белков молока и повышают титруемую кислотность. Тепловая обработка смеси при производстве кисломолочных напитков должна проводиться при температуре не ниже 85 °С (от 85 до 95 °С), что способствует наибольшей активности закваски и образованию сгустка более высокой вязкости и плотности. Повышение содержания КСБ в молочной основе до 50 % при тепловой обработке 85 °С в течение 15 мин приводит к расслоению образцов КСБ и коагуляции белка. Модельные композиции с содержанием КСБ от 20 до 40 % выдерживают тепловую обработку, предназначенную для выработки кисломолочных напитков.

На реологические показатели кисломолочных напитков влияние оказывают состав и свойства заквасок. Для кисломолочных напитков, вырабатываемых резервуарным способом, когда происходит перемешивание готового сгустка, требуются:

- достаточно высокая вязкость сгустка после сквашивания;
- умеренная степень перемешивания;
- способность сгустка в максимальной степени восстанавливать структуру после перемешивания;
- способность при хранении удерживать сыворотку.

При выработке кисломолочных напитков резервуарным способом рекомендуется применять закваски вязкого типа с пониженной тенденцией к синерезису, например, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobadltus acidophilus*, заквасочную культуру для йогурта, заквасочную культуру для ряженки и симбиотическую закваску, приготовленную на кефирных грибах. Процесс сквашивания контролируют по изменению активной и титруемой кислотности.

Установлено, что увеличение содержания КСБ в молочной основе от 20 до 40 % не влияет на процесс сквашивания и соотношение видов заквасочной микрофлоры. Наилучшими органолептическими и физико-химическими показателями обладают кисломолочные напитки с соотношением КСБ : молоко 30 : 70 при использовании культуры ацидофильной палочки.

При выработке йогурта концентрат можно вносить при нормализации смеси или в процессе сквашивания продукта. С точки зрения безопасности производства лучше вносить КСБ в молоко до пастеризации, так как это исключит возможное обсеменение посторонней микрофлорой. При добавлении к молоку КСБ от 2 до 4 % наблюдается повышение плотности готового кисломолочного напитка и снижение тенденции к синерезису при хранении. Однако при добавлении в молоко КСБ выше 4 % ощущается заметный привкус сывороточных белков. Молочная смесь с 4 % КСБ выдерживает тепловую обработку при 85 °С в течение 15 мин и соответствует требованиям эффективности пастеризации. Увеличение дозы внесения КСБ не влияет на соотношение видов заквасочной микрофлоры. При внесении концентрата в процессе сквашивания видовой состав заквасочной микрофлоры остается без изменений. Поэтому предпочтительнее вносить КСБ при нормализации смеси.

В зависимости от способа внесения КСБ в молочную основу могут варьироваться дозы внесения КСБ и вид заквасочной микрофлоры. Полученные кисломолочные продукты от-

личались приятным вкусом, соответствующим виду заквасочной микрофлоры, и имели хорошую консистенцию.

Использование концентрата сывороточных белков при производстве йогурта и ацидофильных напитков позволяет улучшить органолептические показатели кисломолочных напитков и придать им функциональные свойства.

При производстве йогуртных продуктов десертного типа молочную основу можно готовить из смеси сухого обезжиренного молока (СОМ) и концентрата сывороточных белков в соотношении 70 : 30 [104]. Рецептатура кисломолочного продукта из сухих компонентов составлена на основе стандартной рецептуры йогурта нежирного ароматизированного с учетом того, чтобы массовая доля СОМО не была ниже 9%. Кисломолочный продукт вырабатывают по технологии йогурта. В начале сухие молочные компоненты, сахар и стабилизаторы (пектин, ксантановая камедь и каррагинан в соотношении 1 : 1 : 1) растворяют в питьевой воде при температуре $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ и постоянном перемешивании в течение 20–30 мин. Подготовленную молочную смесь подогревают до температуры 60–65 °C и гомогенизируют в течение 3 мин., затем охлаждают до 40–42 °C и заквашивают закваской в количестве 5% от массы молочной смеси. Состав закваски: ацидофильная палочка и термофильный стрептококк, взятые в соотношении 1 : 1. Сбраживание проводят в течение 3–4 ч. Применение данной технологии частично изменяет структуру продукта, дробя белковые агломераты, улучшая свойства эмульсии, развивая поверхность раздела фаз и достигая стабильных условий, когда коллоидные системы встроены друг в друга, а их взаимодействия максимальны. Применение КСБ в составе кисломолочного продукта способствует повышению влагоудерживающей способности продукта, это связано с тем, что сывороточные белки обладают лучшими гидрофильными свойствами по сравнению с казеином.

Обезжиренные и низкожирные молочные продукты являются основой диетического питания. На отечественном рынке представлен довольно широкий ассортимент такой продукции. При этом актуальной остается проблема улучшения органолептических свойств до уровня классических продуктов. Один из перспективных способов улучшения их качества — использование микропартикулированных сывороточных белков (КДСБ) [105]. Внешение КДСБ влияет на консистенцию и реологические характеристики белковых продуктов за счет наличия гидрофильных участков молекул сывороточных белков, которые даже при денатурации способны стабилизировать коллоидную систему.

Сывороточные белковые концентраты применяют пока в основном для обогащения белком питьевого молока, йогурта, освежающих напитков, молока для производства сыра, плавленых сыров, картофельного пюре, макаронных изделий и мороженого [106]. Возможно применение сухого концентрата в составе плавленых сыров и сливочного масла в качестве заменителя сухого обезжиренного молока.

Ценные функциональные свойства КСБ, такие, как способность к пено- и гелеобразованию, до сих пор в кондитерской промышленности не использовались. Причина этого заключается в том, что пена из сывороточного белкового концентрата (показатель взбитости 400–760%) разрушается уже при 3%-ной массовой доли жира. При содержании жира 1–2%, напротив, взбитость повышается с 490 до 520%, пена сохраняется в течение 30 мин. После гидролиза сывороточного белкового концентрата, например, с помощью препарата «Биопараза» (препарат из *Bac. subtilis*) взбитый гидролизат можно использовать для приготовления десерта и кондитерских изделий.

Рассмотренные в этом разделе кисломолочные продукты функционального питания — это продукты нового поколения. Данное направление в производстве продуктов питания является технологической платформой модернизации молочного дела и полностью соответствует приоритетам национальных проектов в области АПК, образования и медицины.

19.8. Использование молочной сыворотки при производстве хлебобулочных, кондитерских изделий, конфет и шоколада

Теоретические и практические аспекты использования молочной сыворотки в хлебопекарной промышленности, кондитерском и конфетном производствах заложены в трудах И.М. Ройтера, В.И. Дробот, В.В. Шербатенко, Н.А. Чумаченко, А.П. Демчук, В.А. Патта, Л.Я. Ауэрмана, Л.П. Пашенко, Т.Б. Цыгановой, М.С. Коваленко, А.Г. Храмцова, И.А. Евдокимова, П.Г. Нестеренко, С.А. Рябцевой, Л.А. Остроумова, Э.Ф. Кравченко, А.В. Серова, Т.Е. Шиловской, В.В. Василисиной и др. ученых. Использование отдельных компонентов молочной сыворотки — лактозы, сывороточных белков так же известно [41]. Применение производных компонентов молочной сыворотки пока находится в зачаточном состоянии. В нашем творческом коллективе Б.О. Суюнчева провела системную разработку технологий бифидогенных концентратов для хлебопекарной промышленности на основе молочной сыворотки бренда «Лактохлеб» с синтезом лактулозы и введением соевого компонента [107]. Результаты исследований кратко излагаются ниже. Следует отметить, что постановка исследований была инициирована прорывной публикацией проф. Т.Б. Цыгановой [108], консультациями проф. С.А. Рябцевой по синтезу лактулозы и при научном руководстве профессионала по хлебопечению, канд. биол. наук, доцента КубГТУ З.И. Асмаевой.

Б.О. Суюнчева [107] теоретически обосновала выбор вида сырья и методов его обработки для получения бифидогенного концентрата специально для хлебопечения. Из значительного количества видов лактозосодержащего сырья наиболее пригодна для получения лактулозы депротеинизированная, гипоаллергенная подсырная сыворотка благодаря частичному удалению из нее белково-жировых веществ.

При анализе методов изомеризации лактозы в лактулозу был выбран метод электрохимической активации депротеинизированной подсырной сыворотки одновременно в катодной и анодной камерах электроактивационной установки. С целью дополнительной интенсификации изомеризации в католит можно добавлять карбамид (Е 927b), который разрешен для использования в качестве текстуратора в хлебопекарной и кондитерской промышленности. В результате электрохимических реакций под действием электрического тока в водных растворах около катода образуется щелочная среда (католит), а около анода — кислая (анолит). Процесс переноса заряженных частиц через ионообменную мембрану ускоряется за счет присутствия природных анионов и катионов минеральных солей в молочной сыворотке, являющихся основными переносчиками тока в начальный период электрообработки. За счет этого интенсифицируется процесс накопления гидроксид-ионов в католите, служащих акцепторами протонов в реакции изомеризации лактозы в лактулозу.

Процесс электрохимической активации проводится в катодной и анодной камерах электролизера при оптимальном напряжении электрического поля (17 ± 1) В и плотности тока (190 ± 10) А/м². Эффективность изомеризации лактозы в лактулозу зависит от уровня активной кислотности, температуры и времени термостатирования. Оптимальными параметрами технологического процесса для установления максимального значения pH в католите ($12,2 \pm 0,3$) являются: температура сыворотки (80 ± 5) °С и продолжительность воздействия тока ($3,5 \pm 0,5$) мин. Дальнейшая обработка приводит к снижению уровня pH в катодной камере вследствие накопления побочных продуктов изомеризации лактозы в лактулозу, имеющих кислую реакцию среды.

Реакция изомеризации лактозы в лактулозу может протекать по двум механизмам: LA-трансформации (в присутствии акцепторов протонов) и перегруппировке Амадори (в при-

сутствии акцепторов аминогрупп через образование лактозиламина). При проведении электроактивации не вносится щелочной реагент, а необходимый уровень акцепторов протонов обеспечивается за счет накопления в католите гидроксид-ионов и реакция изомеризации лактозы в лактулозу протекает по механизму LA-трансформации. Если при электроактивации депротеинизированной подсырной сыворотки в катодную камеру внести карбамид, то изомеризация лактозы в лактулозу будет протекать одновременно по двум механизмам, что приведет к увеличению степени изомеризации. На рис. 19.20 влияние карбамида на степень изомеризации лактозы в лактулозу.



Рис. 19.20. Влияние дозы карбамида на максимальный уровень активной кислотности сыворотки в католите и анолите и степень изомеризации

Отмечено изменение основных электрофизических характеристик процесса электроактивации при добавлении карбамида: электрического напряжения и силы тока. Карбамид, по всей видимости, связывает некоторые подвижные ионы, образуя менее подвижные соединения. При этом уменьшается максимальный уровень активной кислотности, достигаемый в католите и анолите активируемой сыворотки, однако степень изомеризации (S_i) увеличивается за счет протекания реакции по двум механизмам. Результаты оптимизации процесса изомеризации в графическом виде отражены на рис. 19.21 и в уравнении, адекватно описывающем процесс.

$$S_i = -144,313 + 3,513 \cdot X_1 + 4,954 \cdot X_2 - 0,897 \cdot X_3 - 0,0184 \cdot X_1^2 - 0,061 \cdot X_2^2 - 0,068 \cdot X_3^2 - 0,039 \cdot X_1 X_2 - 0,003 \cdot X_1 X_3 - 0,005 \cdot X_2 X_3; \quad (19.6)$$

где: X_1 — температура исходной сыворотки, °C;

X_2 — продолжительность электроактивации, мин.;

X_3 — доза карбамида в католите, %

S_i — степень изомеризации лактозы в лактулозу, %

Оптимальными параметрами процесса являются: активная кислотность в католите ($11,5 \pm 0,5$); температура исходной сыворотки (75 ± 5) °C; внесение в католит (3 ± 1)% карбамида; продолжительность электроактивации ($12,5 \pm 2,0$) мин. Полученные режимы электроактивации позволяют получать максимальную степень изомеризации лактозы в лактулозу 34–36% при минимальном образовании побочных продуктов, характеризующихся оптической плотностью в католите сыворотки.

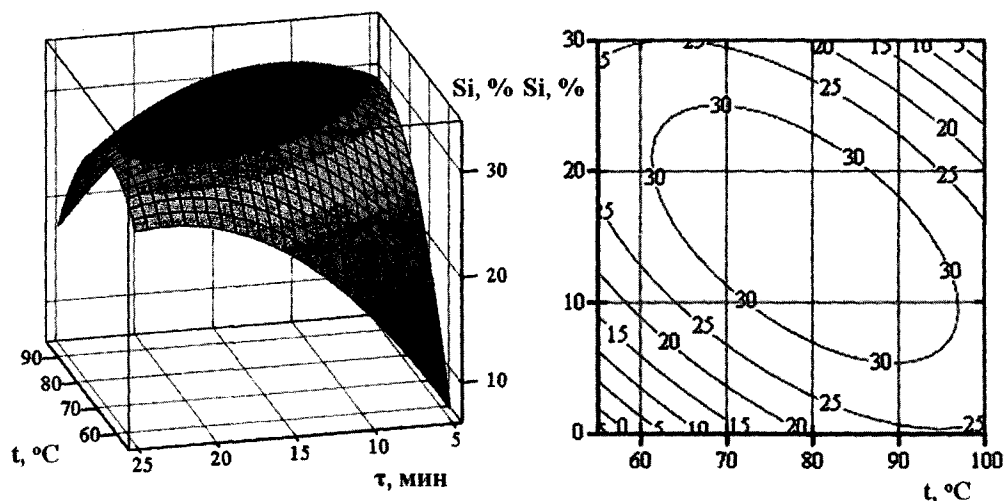


Рис. 19.21. Поверхность отклика степени изомеризации (S_i) и изолинии ее сечений при влиянии температуры (X_1), продолжительности обработки (X_2) и фиксированной дозе карбамида (X_3) = 3 %

В дальнейшем анолит сыворотки целесообразно использовать для нейтрализации щелочной фракции (католита) с целью предотвращения обратных реакций или распада лактулозы и установления оптимального уровня кислотности (20 ± 1) °Т для сгущения и сушки бифидогенного концентрата. По результатам полученной зависимости (рис. 19.22) определено соотношение католит:анолит — 5 : 1.



Рис. 19.22. Влияние соотношения католит : анолит на уровень активной и титруемой кислотности сыворотки

Бифидогенный концентрат предложено вырабатывать в сгущенном и сухом виде, что определяется современными требованиями потребителей. При исследовании параметров распылительной сушки электроактивированной сыворотки с частично изомеризованной лактозой было обнаружено, что данный процесс затруднен. С целью интенсификации высушивания были испытаны различные наполнители: карбонат кальция (мел), соевое молоко и соевая дезодорированная полуобезжиренная мука. В результате наблюдений подобран наполнитель, улучшающий процесс сушки и качество готового продукта, — соевая полуобезжиренная дезодорированная мука, которая широко используется в практике хлебопечения для улучшения качества и пищевой ценности хлеба [109]. Выбрано оптимальное соотношение сыворотки и соевой муки по сухим веществам соответственно 3:1, установлены оптимальные режимы получения концентратов:

- сгущенного — сгущение при температуре $(55 \pm 5)^\circ\text{C}$ до содержания СВ $(33 \pm 2)\%$ и добавление соевой муки до СВ 65%;
- сухого — сгущение при температуре $(55 \pm 5)^\circ\text{C}$ до содержания СВ $(23 \pm 2)\%$, добавление соевой муки до СВ $(33 \pm 5)\%$ и сушка при температуре на входе 170°C , на выходе 70°C до влажности продукта $(6 \pm 1)\%$.

Физико-химические и микробиологические показатели концентратов «Лактохлеб» приведены в табл. 19.43.

Таблица 19.43. Физико-химические и микробиологические показатели бифидогенных концентратов «Лактохлеб»

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сгущенный концентрат	Сухой концентрат
Массовая доля влаги, %	35 ± 1	6 ± 1
Массовая доля общего белка, %	$14,4 \pm 1$	21 ± 1
Массовая доля небелкового азота, %	$7,1 \pm 1$	$10,6 \pm 1$
Массовая доля лактозы, %	$16,4 \pm 0,5$	$27,6 \pm 0,7$
Массовая доля лактулозы, %	$8,5 \pm 0,5$	$14,1 \pm 0,5$
Массовая доля жира, %	$1,24 \pm 0,5$	$1,9 \pm 0,5$
Массовая доля золы, %	$4,1 \pm 0,5$	$6,1 \pm 0,5$
Массовая доля крахмала, %	$4,5 \pm 0,5$	$6,75 \pm 0,5$
Массовая доля клетчатки, %	$0,81 \pm 0,5$	$1,25 \pm 0,05$
Кислотность титруемая, °Т	30 ± 2	30 ± 2
Индекс растворимости, мл сырого осадка	—	$0,8 \pm 0,1$
Гигроскопичность, %	—	$25,0 \pm 0,5$
Количество мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	$(3,5 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(1,6 \pm 0,4) \cdot 10^3$
БГКП (колиформы), в 0,1 г	—	—
Дрожжи и плесени, КОЕ/г	90 ± 10	30 ± 10

Технологический процесс производства бифидогенного концентрата из депротенизированной подсырной сыворотки осуществляют по технологической схеме, приведенной на рис. 19.23.

Изучено влияние концентрата «Лактохлеб» на «силу» пшеничной муки, ход брожения и качество хлеба. «Сила» пшеничной муки обуславливает реологические свойства теста, газоудерживающую способность и качество хлеба. Добавление бифидогенного концентрата «Лактохлеб» в тесто из пшеничной муки 1 сорта приводит к уменьшению количества отмы-

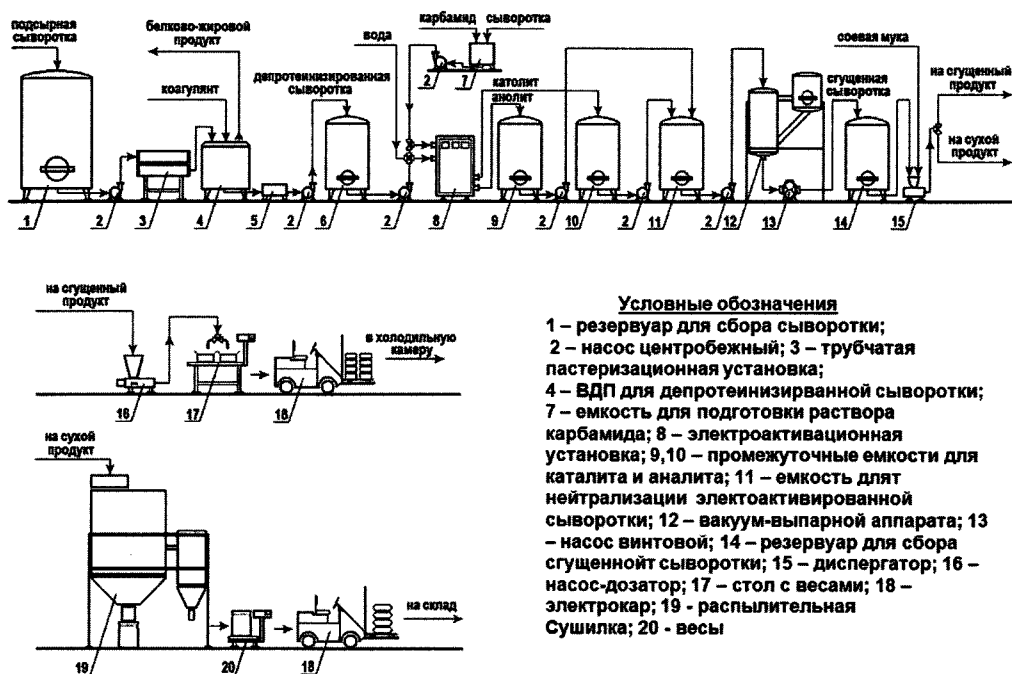


Рис. 19.23. Технологическая схема получения концентрата «Лактохлеб»

ваемой сырой клейковины, при этом увеличивается ее растяжимость и расплываемость шарика клейковины, снижается упругость [110].

Расслабление клейковины обуславливается влиянием на белково-протеиназный комплекс пшеничной муки восстанавливающих сахаров: лактозы, лактулозы и солей аммония. Кроме того, в сгущенном концентрате сохраняются остаточные явления восстанавливающих свойств католитной фракции сыворотки.

При добавлении концентратов в значительных количествах (около 10%) происходит частичная пептизация белков, образующих клейковинный каркас. Некоторые дисульфидные $-S-S-$ связи восстанавливаются до сульфгидрильных $-SH$ -групп, расслабляя внутримолекулярную и внутриглобулярную структуру белкового вещества, делая ее менее плотной и более атакуемой протеиназами. Вместе с тем, белки муки в данных условиях способны к образованию комплексов с восстанавливающими сахарами — гликопротеидов, что приводит к возникновению в третичной и четвертичной структурах белкового вещества дополнительных углеводных связей-мостиков, упрочняющих структуру белка.

Совокупность представленных факторов оказывает сложное влияние на белково-протеиназный комплекс пшеничной муки и имеет важное технологическое значение. Уменьшение времени образования и стабильности теста с увеличением дозировки «Лактохлеб» связано с его гидрофильными свойствами. Водорастворимые вещества быстрее переходят в раствор, а нерастворимые белковые соединения при набухании быстрее поглощают воду и растворенные в ней углеводы, соли и др., увеличивается эластичность теста. На набухшие белки клейковинного каркаса восстанавливающие сахара оказывают дегидратирующее действие, вызывая его разжижение к концу замеса. В концентрате содержатся способные к набуханию белок и клетчатка соевой муки, а также углеводный комплекс, обладающий адсорбционно-

химической активностью. Поэтому наблюдается увеличение водопоглотительной способности теста при замесе, несмотря на некоторое разжижение к концу данной технологической операции, вызванное увеличением количества адсорбционно связанной влаги.

В результате проведенных исследований выявлено расслабляющее действие влияния концентрата «Лактохлеб» на клейковину, усиливающееся с увеличением его дозировки до 10%. Поэтому данный концентрат рекомендуется использовать для «сильной» и «средней» муки [111]. Влияние сгущенного и сухого концентрата «Лактохлеб» на качество хлеба показано в табл. 19.44.

Таблица 19.44. Влияние бифидогенного концентрата «Лактохлеб» на качество хлеба

Показатели качества хлеба	Контроль	Доза концентрата «Лактохлеб», %					
		сгущенного			сухого		
		5	7,5	10	5	7,5	10
Удельный объем хлеба, см ³ /100 г	257	332	345	339	338	347	342
Формоустойчивость подового хлеба (Н: D)	0,53	0,52	0,50	0,52	0,52	0,54	0,52
Пористость, %	73	82	84	81	85	86	84
Кислотность, °Н	1,9	2,5	2,7	2,9	2,7	3,0	3,2
Влажность, %	43,0	43,3	43,5	43,6	43,2	43,5	43,7
Структурно-механические свойства							
мякиша, ед. неперометра:							
$H_{\text{общ}}$	75	85	92	87	88	90	86
$H_{\text{пл.}}$	50	61	67	63	64	65	62
$H_{\text{учр.}}$	25	24	25	24	24	25	24

Добавление в тесто бифидогенного концентрата приводит к улучшению органолептических показателей хлеба, повышению кислотности. Наибольший эффект достигается при добавлении 7,5% «Лактохлеб» как в сгущенном, так и в сухом виде.

При изучении влияния бифидогенного концентрата на технологический процесс приготовления хлеба исследовали процесс брожения на всех его стадиях. В результате проведенных исследований установлена возможность регулирования выделения CO₂ и бродильной активности дрожжей на стадиях брожения теста и расстойки, основанной на рациональной дозировке сыровоточного белкового концентрата в пределах 5–10%. Отмечена интенсификация брожения теста с добавлением концентрата «Лактохлеб» в дозировке до 10%. При этом повышается газообразующая и газоудерживающая способность теста, бродильная активность дрожжей и кислотонакопление (рис. 19.24). Время брожения по сравнению с традиционным способом сокращается на 30 мин, время расстойки на 5–10 мин.

При внесении в тесто наряду с концентратом «Лактохлеб» таких рецептурных компонентов, как сахар и жир, качество хлебобулочных изделий существенно улучшается. Для достижения максимального удельного объема хлеба (412 ± 3) см³ оптимальными дозировками рецептуры являются: прессованные дрожжи — 3%, сахар-песок — 6% и маргарин — 3%. Повышенная доза дрожжей и внесение сахара способствует увеличению бродильной активности за счет оптимизации состава питательной смеси; добавление жира повышает эластичность и газоудерживающую способность теста. В результате качество готовых изделий улучшается.

При определении оптимальных способов приготовления теста и внесения бифидогенного концентрата «Лактохлеб» обоснована целесообразность применения ускоренных способов тестоведения в связи с интенсификацией брожения и сокращением технологического цикла при добавлении концентрата «Лактохлеб». Лучшие результаты получены при пригото-

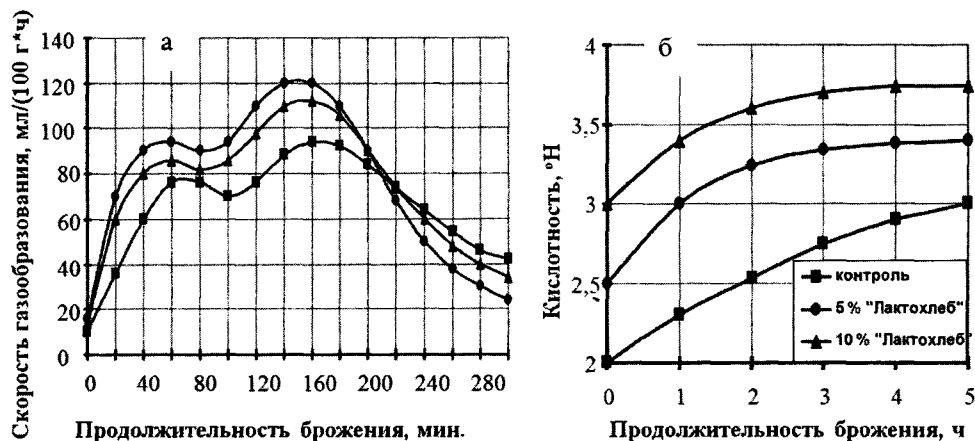


Рис. 19.24. Влияние концентрата «Лактохлеб» на скорость газообразования в тесте (а) и кислотность теста в процессе брожения (б)

нии теста ускоренным способом на жидкой диспергированной фазе (ЖДФ). В этих образцах удельный объем по сравнению с контролем увеличивался на 5–7%, пористость — на 3–4%, сжимаемость мякиша — на 8–10%.

Поскольку сывороточные концентраты и белки соевой муки обладают эмульгирующими свойствами, бифидогенные концентраты вносят в виде эмульсии при приготовлении теста ускоренным способом. Стойкая при хранении эмульсия жидкой консистенции была получена при следующем соотношении компонентов: К (концентрат) : Ж (маргарин) : В (вода) : М (мука) — 6 : 2 : 7 : 1 с сухим и 6 : 2 : 5 : 1 — со сгущенным концентратом. Добавление муки способствовало повышению стойкости эмульсии.

Способ внесения бифидогенного концентрата в виде эмульсии оказывает положительное влияние на качество готовых изделий [112]. Удельный объем увеличивался на 4–5%, пористость — на 2–3%, сжимаемость мякиша — на 4–5%. С увеличением дозировки концентрата «Лактохлеб» до 10% качество хлеба незначительно уступает образцам с дозировкой 7,5%, однако при этом увеличивается содержание белка в хлебе на 18,7%, незаменимых аминокислот — на 19,7%, а заменимых — на 13,7%.

Белки полученных хлебобулочных изделий лучше сбалансированы по незаменимым аминокислотам, скор по трем лимитирующим составляет: лизин — 46,7%, треонин — 73,0%, валин — 83,2% по сравнению с контрольными образцами 36,5; 64,8 и 80,2% соответственно. Также увеличивалось содержание минеральных веществ, в том числе кальция и фосфора, витаминов B_1 , B_2 и РР, клетчатки и органических кислот. Физико-химические показатели сдобы «Университетской», полученной из муки первого и высшего сортов с внесением концентрата «Лактохлеб» приведены в табл. 19.45.

Таблица 19.45. Физико-химические показатели сдобы «Университетской»

Наименование показателя	Значение показателя для сдобных изделий из муки сортов	
	высшего	первого
Влажность, %	39±1	39±1
Кислотность, °Н	2,9±0,2	3,2±0,2
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	5,8±1	5,8±1
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	2,6±0,5	2,6±0,5
Массовая доля лактулозы, %	1±0,2	1±0,2

Содержание лактулозы 1 г на 100 г хлебобулочных изделий соответствует суточной профилактической норме потребления пребиотика.

Ожидаемый годовой экономический эффект (в ценах 2004 г.) от производства концентрата «Лактохлеб» составляет: в пересчете на 1 т концентрата — 3,3 тыс. руб.; сдобы «Университетской» — 588 тыс. руб., в пересчете на 1 т хлеба — 1,96 тыс. руб.

В кондитерской промышленности, конфектном производстве и при получении шоколадных масс молочная сыворотка, ее компоненты и их производные так же находят достаточно широкое применение для замены традиционных источников сырья [113, 114, 115]. В обобщенном виде подробную информацию по данной проблематике в свое время представила фирма Меггле (Германия).

19.9. Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в технологии мясопродуктов

Рассматривая возможности использования молочной сыворотки в рецептурах мясных изделий следует отметить, что в системном виде проблема была изучена А. И. Жариновым [116] и его последователями, в т. ч. творческим коллективом СевКавГТУ на кафедре технологии мяса и консервирования (зав. кафедрами, доценты А. П. Дубинская и С. И. Постников). Более привлекательными, с точки зрения формирования рецептур мясопродуктов, является использование белков молочной сыворотки и в какой-то степени лактозы. Применение производных компонентов и модифицированной молочной сыворотки в адаптированных пищевых добавках (модулях) функционального назначения в мясопродуктах массового потребления только начинается. Ниже излагаются некоторые разработки, которые по нашему мнению представляют интерес за счет своей оригинальности подходов к решению тематики в области мясной индустрии, а для молочного дела — возможность крупнотоннажного масштабирования продуктов из молочной сыворотки для коллег по мясной индустрии.

Большой интерес при производстве мясопродуктов представляет использование в качестве белково-углеводной добавки бифидогенных концентратов КБУ-Рс, содержащего до 10 % лактулозы, и линейки «Лактобел» с 15–20 % лактулозы [117, 118, 119]. Многокомпонентность и наличие бифидогенных свойств концентратов, предполагают использование их в рецептурах в качестве регуляторов сбалансированности химического и аминокислотного составов готовых изделий. Именно в этом направлении В. В. Садовым с сотр. была поставлена системная работа с использованием методологии нейронных сетей (элементы искусственного интеллекта) [120]. Основные функционально-технологические свойства бифидогенных концентратов представлены в табл. 19.44 [120, 121].

Таблица 19.46. Функционально-технологические свойства бифидогенного концентрата КБУ-Рс (Е. Р.С.<0,05)

Наименование	Показатели	
	КБУ-Рс	Лактобел
Величина рН	6,32	6,18
Водопоглощающая способность, %	101	162
Жиропоглощающая способность, %	115	147
Набухасмость, %	122	132
Эмульгирующая способность, г жира/1 г белка	175	107

Результаты исследования водопоглощающей, жиропоглощающей способностей, набухасмости бифидогенных концентратов свидетельствуют о том, что по этим критериальным показателям КБУ-Рс уступает молочному белково-углеводному концентрату (МБУК) «Лактобел». Однако КБУ-Рс имеет более высокую эмульгирующую способность по сравнению с МБУК «Лактобел».

Была проведена разработка рецептурных композиций мясопродуктов с молочными белково-углеводными концентратами. В качестве сырья использовали говядину высшего, 1 и 2 сортов, свинину нежирную, шпик, *Arcon-S*, Лактобел, СОМ, бифидогенный концентрат КБУ-Рс. Для создания рецептурной композиции, обладающей высокими функционально-технологическими свойствами, приемлемым соотношением компонентов, со сбалансированным химическим и аминокислотным составом, была разработана архитектура нейронной сети. Входными переменными в разработанной модели сети являются: говядина высшего сорта, говядина 1 сорта, говядина 2 сорта, свинина нежирная, шпик; водосвязывающая способность фарша, стабильность эмульсии, предельное напряжение сдвига, степень пенетрации, количественное содержание аминокислот. В качестве выходных переменных: выход готовой продукции к массе сырья, количественное содержание в рецептуре *Arcon-S*, МБУК «Лактобел», сухого обезжиренного молока, бифидогенного концентрата КБУ-Рс, лактозы и лактулозы. Модель такой конфигурации позволяет разрабатывать рецептуры с заданными ФТС, химическим и аминокислотным составами, а также регулировать соотношение мясного сырья. Разработанная архитектура предназначена для проектирования рецептур вареных колбасных изделий различных сортов, ФТС которых регулируются соотношением молочных белково-углеводных добавок и количественным содержанием соевого концентрата *Arcon-S*.

С помощью нейронной сети установлена оптимальная рецептурная композиция колбасы вареной 1 сорта, содержащей 50 кг говядины 1 сорта и 50 кг свинины полужирной на 100 кг мясного сырья. В соответствии с разработанной рецептурой был изготовлен опытный образец колбасы вареной и изучены его основные качественные характеристики (табл. 19.47).

Таблица 19.47. Качественные и микробиологические характеристики опытного образца с композицией из молочного белково-углеводного сырья (Е. Р.С.<0,05)

Наименование	Количество
Содержание в готовом продукте, %:	
влаги	70,1
жира	12,9
белка	12,3
минеральных веществ	2,9
Величина рН фарша	6,28

Окончание табл. 19.47

Наименование	Количество
Величина pH готового изделия	6,31
Выход, % к массе основного сырья	137
ВСС фарша, % к общей влаге	97
Органолептическая оценка, балл	5,0
Степень пенетрации, мм	4,1
Предельное напряжение сдвига фарша, Па	815
Стабильность эмульсии фарша, %	72
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ в 1 г продукта, не более	$2,6 \cdot 10^3$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформные), КОЕ в 1 г продукта	Отсутствуют
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта	Отсутствуют
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г продукта	Отсутствуют

Опытный образец имел достаточно высокий выход (137 % к массе сырья) и органолептическую оценку (5,0 баллов). Водосвязывающая способность (97 % к общей влаге), стабильность эмульсии (72 %), предельное напряжение сдвига фарша (815 Па) свидетельствовали о высоких функционально-технологических показателях опытного образца.

Одно из направлений использования лактулозы — это ее включение в состав многокомпонентных продуктов на мясной основе. В связи с тем, что в рецептурах разрабатываемых продуктов предполагается использование лактулозы (3 % от молекулярной массы белкового комплекса), определяли ее влияние на физико-химические свойства белковой системы путем геометрической оптимизации, а затем имитации термической обработки в модуле ланжевенской динамики с помощью приложения *HyperChem* (рис. 19.25) [122, 123].

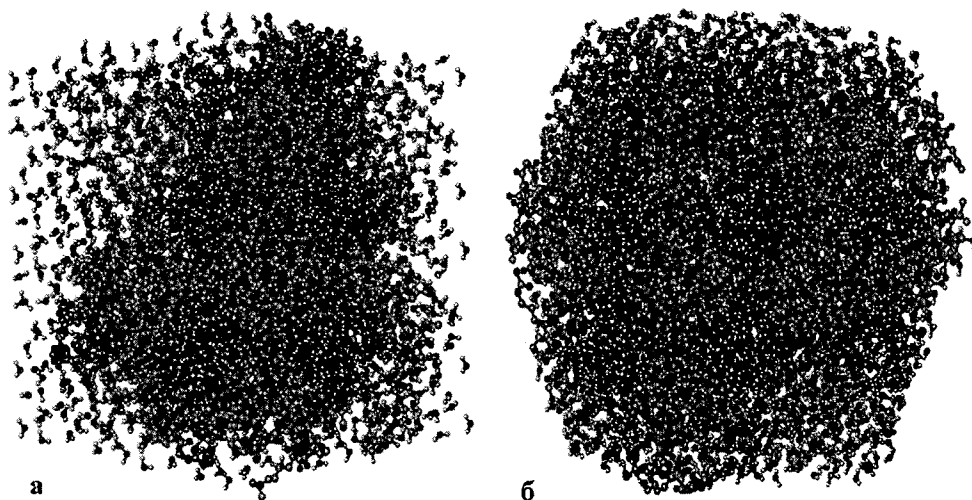


Рис. 19.25. Пространственная структура белковой системы с лактулозой: а — до термической обработки; б — после термической обработки

При термической обработке происходит диффузия лактулозы в молекулу белка, однако при этом не происходит химической реакции. Лактулоза сохраняет свою структуру и бифидогенную активность. Общая энергия комплекса составила 28 361,2 ккал/моль, что на $\Delta E = 1698,1$ ккал/моль выше, чем у комплекса белков без лактулозы, но на $\Delta E = 1477,0$ ккал/моль ниже суммарной энергии систем в автономном состоянии.

Таким образом, методами молекулярного анализа подтверждена целесообразность комплексного использования молочного белково-углеводного (на примере лактулозы) и мясного сырья, т.к. при этом происходит снижение энергии; система стабилизируется, что приводит к улучшению функционально-технологических свойств (ФТС) мясопродуктов.

Для оценки возможности использования лактозы и лактулозы при производстве мясопродуктов изучены некоторые функционально-технологические показатели модельных фаршевых систем с этими компонентами. В измельченное на волчке с диаметром решетки 3 мм мясное сырье (говядина высшего сорта или свинина нежирная) добавляли 50 %-ный сироп лактозы или лактулозы в количестве 1, 2, 3, 4 и 5 % в пересчете на сухое вещество. Измельченное мясо с сиропами лактозы или лактулозы гомогенизировали с ледяной водой в гомогенизаторе при 3500 об/мин в течение 8–10 мин, так чтобы температура готового фарша не превышала 12 °С. В фарше определяли водосвязывающую способность, стабильность эмульсии и предельное напряжение сдвига (рис. 19.26) [124]. Из фарша изготавливали опытные образцы по технологическим режимам вареных колбасных изделий, в которых контролировали степень пенетрации и выход продукции к массе исходного сырья.

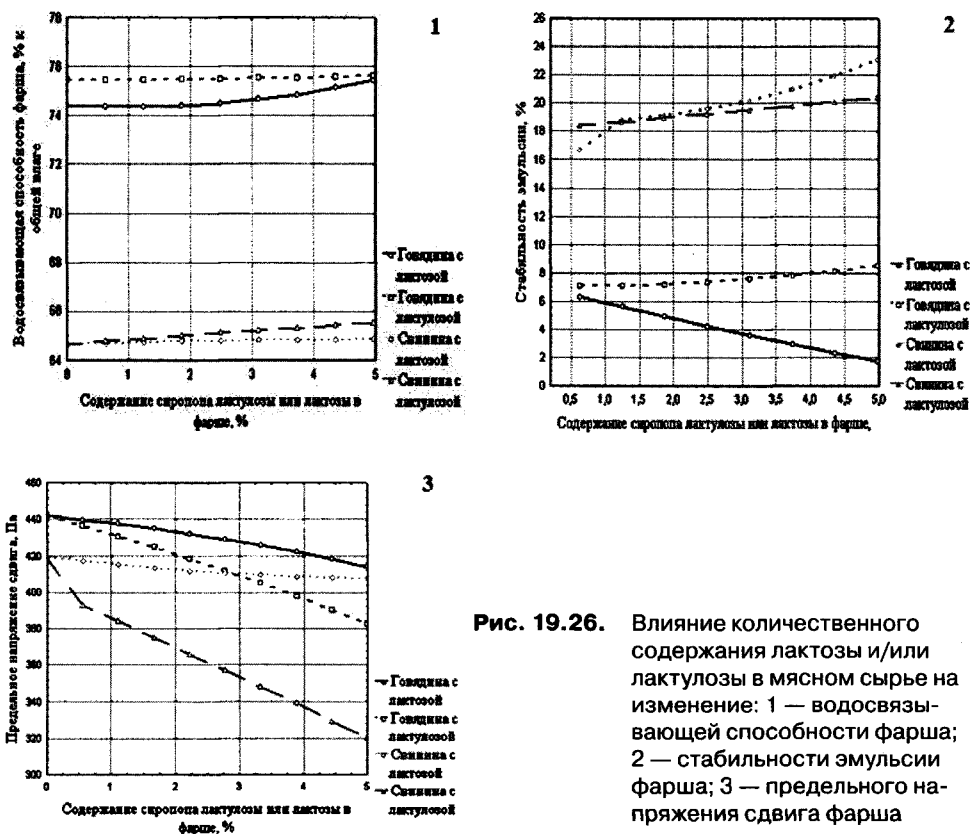


Рис. 19.26. Влияние количественного содержания лактозы и/или лактулозы в мясном сырье на изменение: 1 — водосвязывающей способности фарша; 2 — стабильности эмульсии фарша; 3 — предельного напряжения сдвига фарша

Присутствие лактозы и/или лактулозы (в исследуемом диапазоне) в фаршевых системах не оказывает существенного влияния на изменение водосвязывающей способности. Очевидно, это обусловлено, тем, что дисахариды хорошо растворяются в воде и при используемой концентрации не влияют на изменение окислительно-восстановительного потенциала систем и повышение водосвязывающей способности белкового матрикса.

Установлено, что чем выше концентрация лактозы и лактулозы в фарше, изготовленном из говядины, тем более высокое значение имеет показатель стабильности эмульсии (СЭ), который при добавлении 5 % сиропа лактозы в мясо возрастает с 7,5 % до 24,5 %. Добавление 5 % сиропа лактулозы увеличивает СЭ до 18,9 %. По всей вероятности, лактоза и лактулоза играют роль загустителя водной фазы, повышающего седиментационную устойчивость эмульсии. При изучении изменения показателя СЭ в фаршах изготовленных из свинины не выявлено столь значимого влияния концентрации лактозы и лактулозы. Очевидно, это обусловлено морфологическим и химическим составом белковых компонентов и наличием более высокого содержания жировой фракции в используемом сырье. При исследовании изменения предельного напряжения сдвига (ПНС) установлено, что увеличение концентрации лактозы и лактулозы способствует понижению ПНС фаршей изготовленных как из говядины, так и из свинины.

Исследование качественных характеристик готовых опытных образцов показало, что наличие лактозы и лактулозы в фарше оказывает существенное влияние на выход продукции. Добавление в фарш из говядины 5 % сиропа лактозы или лактулозы увеличивает выход опытных образцов с 138 до 140–143 % соответственно. В опытных образцах из свинины выход изделий, изготовленных с лактозой, увеличился с 126 до 128 %, с лактулозой до 134 % к массе мясного сырья. Несмотря на то, что предельное напряжение сдвига фаршевых систем при добавлении лактозы и лактулозы уменьшалось, на степень пенетрации готовых изделий эти ингредиенты не оказывали существенного влияния. Таким образом, использование лактозы и лактулозы в рецептурных композициях мясопродуктов не оказывает негативного воздействия на ФТС фаршевых систем и готовых изделий.

Подтверждена целесообразность использования в рецептурах мясопродуктов молочной сыворотки, сухого обезжиренного молока, бифидогенных концентратов «Лактобел» и КБУ-Рс, а также отечественных гидроколлоидов и пищевых волокон.

Сотрудниками кафедры ТМиК (под рук. С.И. Постникова) разработаны технологии и рецептуры новых видов мясопродуктов с использованием МБУК «Лактобел»: сосиски «Санаторные» 1 сорта, вареные колбасы, сосиски и сардельки, паштеты мясорастительные в оболочке.

В молочной сыворотке присутствует большое количество минеральных веществ, которые отрицательно влияют на функционально-технологические свойства молочных белково-углеводных концентратов. В этой связи особый интерес представляет технология получения МБУК «Лактобел-ЭД» с удалением части минеральных веществ из молочной сыворотки методом электродиализа. Удаление части одновалентных ионов положительно отражается на гелеобразующих и эмульгирующих свойствах концентрата и мясных систем [125]. Установлено, что МБУК «Лактобел-ЭД» имеет более высокий уровень эмульгирующей способности — 150 г жира на 1 г белка при использовании подсолнечного масла и до 120 г жира на 1 г белка при использовании кокосового масла [126]. Использование растительных жиров в комплексе с МБУК «Лактобел-ЭД» повышает биологическую ценность готовых продуктов: на 33,5 % для вареных и 39,2 % для полукопченых колбас соответственно; улучшает цветовые характеристики готового продукта. Внесение в фаршевые системы комплекса лактозы и лактулозы, содержащихся в МБУК «Лактобел-ЭД», способствует более полному вовлечению нитрита натрия в реакцию цветообразования, о чем свидетельствует снижение остаточного количества нитрита на 0,40 % — для вареной, и на 0,70 % — для полукопченной колбас. Разработанные виды продуктов — колбаса вареная 1 сорта «Прима-

Лайк» и полукопченая колбаса 1 сорта «Мирзаяновская» относятся к группе продуктов функциональной направленности и соответствуют нормам качества категории «Халаль». Это принципиально новое направление инноваций представляет особый интерес для Северного Кавказа и может являться одним из элементов технологической модернизации мясной индустрии.

При электродиализе молочной сыворотки образуется минерализат, который представляет научный и практический интерес в качестве посолочного вещества при производстве мясoproductов вместо традиционной поваренной соли [127, 128]. Из молочной сыворотки в минерализат переходит ряд очень важных минеральных соединений. Особо следует отметить высокое содержание кальция, который составляет основу (вместе с фосфором) костной ткани, активизирует деятельность ряда важных ферментов, участвует в поддержании ионного равновесия в организме, влияет на процессы, происходящие в нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системах. Среди других макроэлементов, содержащихся в минерализате сывороточном, важная роль принадлежит магнию и калию. Магний представляет интерес с точки зрения сосудорасширяющего действия, а также стимулирования перистальтики кишечника и повышения желчевыведения. Соли магния способствуют снижению холестерина при повышении его содержания в плазме крови, участвуют в формировании костей, регуляции работы нервной ткани, в обмене углеводов и энергетическом обмене. Калий стимулирует сердечные сокращения, регулирует кислотно-щелочное равновесие. Он участвует в передаче нервных импульсов, активизирует работу ферментов. Считают, что калий обладает защитным действием против нежелательного влияния избытка натрия и нормализует давление крови.

При проведении поискового эксперимента было установлено, что наибольшее влияние на физико-химические и структурно-механические показатели модельных фаршевых систем оказывают рассолы с минерализатом и комбинированный с поваренной солью, увеличивая водоудерживающую способность и прочностные характеристики. В табл. 19.48 показана динамика изменения физико-химических, структурно-механических и цветовых характеристик модельных фаршевых систем, содержащих различные посолочные компоненты.

Таблица 19.48. Физико-химические, структурно-механические и цветовые характеристики модельных фаршевых систем

Наименование характеристики	Контроль	Опытный образец 1* (пов. соль, минерализат, нитрит натрия)	Опытный образец 2* (пов. соль, минерализат)	Опытный образец 3** (минерализат, нитрит натрия)
Водосвязывающая способность, ВСС, % к общей влаге	88,45±2,2	90,88±2,1	89,3±2,1	89,36±2,01
Водоудерживающая способность, ВУС, %	90,07±2,1	94,67±2,3	93,41±2,3	92,58±2,0
pH, ед. (сырой фарш)	6,10±0,02	6,17±0,01	6,16±0,01	6,09±0,02
Предельное напряжение сдвига, ПНС, Па	863,42±7,8	897,14±6,9	870,95±8,2	867,34±8,5
Пластичность, см ²	3,16±0,01	2,78±0,01	3,20±0,01	4,00±0,01
Цветовой модуль, G	78,33±1,1	80,52±1,0	80,01±1,05	81,56±1,1
Степень пенетрации, мм	6,7±0,08	6,5±0,06	7,0±0,07	8,1±0,07

Примечание: * — в качестве посолочных ингредиентов добавлены минерализат и поваренная соль 50%/50%;

** — в качестве посолочного ингредиента добавлен минерализат

Использование минерализата в качестве посолочного ингредиента для мясopодуKтоB приведет к устранению дефицита кальция и позволит улучшить функционально-технологические свойства фаршевых систем. Кроме того, он позволяет регулировать цветовые характеристики готового продукта, как в комплексе с нитритом натрия, так и без него, что может служить основанием для альтернативной замены нитрита в колбасном производстве.

В СевКавГТУ разработана [129] композиционная система (модуль) «ОкаЛакт» на основе пищевого соевого обогатителя (ПСО), комплекса макро- и микроэлементов, сиропа лактулозы пищевой и щелочной лактулозосодержащей фракции электроактивированного раствора лактозы на стадии досгущения и комплекса природных полисахаридов альгинат/пектин, обладающих высокой сорбционной и физиологической эффективностью действия. Использование этой композиционной системы в технологии вареных колбасных изделий позволяет создать широкий групповой ассортимент функциональных продуктов пребиотически-сорбционной направленности. Соотношение ингредиентов в «ОкаЛакт»: ПСО — 85,0 %, альгинат натрия — 10,0 %, пектин — 2,5 %, лактулоза пищевая сухая — 2,5 % (возможна адекватная замена сиропом лактулозы пищевой в пересчете на сухое вещество). Композиционная система «ОкаЛакт» составляется в фаршемешалке сразу после фильтрации соевого молока и отжима осадка на пресс-фильтре (температура осадка — 80–85 °C). Подготовленный композиционный состав, выдерживают в течение 50–60 мин, с последующим быстрым охлаждением до температуры от 0 до –1 °C.

«ОкаЛакт» производится на соеперерабатывающих предприятиях и поставляется на мясоперерабатывающие предприятия в готовом к употреблению виде: в охлажденном или замороженном состоянии. В случае поставки продукта в замороженном виде, его предварительно подвергают дефростации. Оттаивание считается законченным, когда температура в толще брикета будет не ниже 1 °C.

Пребиотические, радиопротекторные и детоксикационные свойства разработанной композиционной смеси «ОкаЛакт», обусловлены его компонентным составом. Поскольку рассматриваемые компоненты смеси относятся к одному классу химических соединений, они действуют в одном направлении, эффективно дополняя медико-биологические возможности друг друга, обеспечивая ожидаемый положительный эффект при меньших нормах введения. Лактулоза и пищевые волокна ПСО эффективно способствуют росту бифидобактерий, которые, в свою очередь, как уже отмечалось выше, стимулируют выработку интерферона и лизоцима, обеспечивая тем самым повышение уровня факторов неспецифической резистентности (лизоцимной и общей бактерицидной активности сыворотки крови, фагоцитоза и т. п.). Наряду с этим, действуя угнетающе на гнилостную микрофлору кишечника, лактулоза делает ее более доступной для дальнейшего воздействия лизоцима. Радиопротекторный и детоксикационный эффекты «ОкаЛакт» обусловлены способностью полимерных молекул полисахаридов (пектинов и альгинатов), входящих в модуль, и пищевых волокон ПСО к комплексообразованию и декарпорированию по отношению к радионуклидам и поливалентным металлам.

По результатам выполненных комплексных исследований, совместно с ГУ Волгоградским научно-исследовательским технологическим институтом мясомолочного скотоводства и переработки продукции животноводства РАСХН, разработана документация на колбасы варенные «Преображенская» и «Ярославская» под единой торговой маркой «Университетские», в состав рецептуры которых входит «ОкаЛакт». На базе Волгоградского научно-исследовательского технологического института мясомолочного скотоводства и переработки продукции животноводства РАСХН проведены исследования химического и аминокислотного составов колбасы вареной «Преображенская» 1 сорта, изготовленной в промышленных условиях. На основании анализа полученных данных установлено, что введение в рецептуры комплекса «ОкаЛакт» не приводит к ухудшению химического, amino-, жирнокислотного, составов продукта, обогащает его витаминный, макро- и микроэлементный составы, одновре-

менно оказывая позитивное влияние на выход и органолептические характеристики готового изделия.

При содействии Волгоградских НВЦ «Новые биотехнологии» и научно-исследовательского технологического института мясомолочного скотоводства и переработки продукции животноводства РАСХН проведена оценка клинической эффективности на ООО «АНСЕЙ ВМК», г. Волгограда.

Клинические испытания проходили в условиях специализированного геронтологического отделения стационара на базе МУЗ «Клинической поликлиники» № 30 г. Волгограда. В исследовании приняли участие 26 человек в возрасте от 41 до 72 лет, из которых 7 человек страдало цереброваскулярной и ишемической болезнью сердца, 3 человека — хроническими поражениями печени, 6 человек — сахарным диабетом II типа, 10 человек — хроническим колитом с сопутствующими дисбактериальными нарушениями. Контрольная группа пациентов, в рацион которых исследуемые колбасные изделия включены не были, составляла 9 человек и имела аналогичные патологии. Средний возраст пациентов составил 65 лет.

Пациенты, рацион которых, в составе комплексной терапии, включал испытуемые колбасные изделия, отмечали субъективное улучшение самочувствия. Каких-либо побочных отклонений, неприятных ощущений при употреблении данных видов колбасных изделий отмечено не было. Объективно имела место положительная динамика некоторых ранее установленных клинических симптомов, а также частичная нормализация коагулограммы, трансаминаз, снижение холестерина, триглицеридов, β -липопротеидов, показателей общего билирубина сыворотки крови, глюкозы в крови и нормализация показателей жирового, электролитного и холеsterинового обмена, разной степени выраженности.

Отмечено гепатопротекторное действие, оказываемое данным видом продуктов у больных хроническими гепатитами (повышение выделения желчных кислот с фекалиями более чем на 30 % при одновременном увеличении отщепления жиров и азотистых веществ (гипохолестеролитическое действие, снижение уровня холестерина в крови на 9–11 %). Наблюдалось также гипогликемическое действие у больных с сахарным диабетом (снижалась гликемия после еды, повышалась толерантность к углеводам). Были проведены исследования влияния колбасных изделий, включенных в рацион, на фекальную микрофлору. Исследования показали, что количество бифидобактерий при данной диете за 20 дней увеличилось на 40–90 %. Обнаружено заметное увеличение в фекальных остатках энтерококков и уменьшение клостридий. Общее количество бактерий осталось без изменения.

По всей вероятности, «ОкаЛакт» (ПСО, комплекс альгинат/пектин, препараты лактулозы), входящий в колбасных изделий, при постоянном включении их в рацион питания, избирательно стимулирует рост бифидобактерий в кишечнике человека. Это исключает необходимость введения данных микроорганизмов извне и проведения периодических курсов препаратами пробиотиков, такими как лактобактерин, бифидумбактерин и т. п.

Результаты приведенных клинических исследований свидетельствуют об эффективности продуктов с КСПСН «ОкаЛакт» при заболеваниях, связанных с нарушениями липидного и углеводного обмена, сопровождающихся уже на ранней стадии эндоинтоксикацией: сахарный диабет, желудочно-кишечные заболевания, заболевания печени и поджелудочной железы, ожирение, дисбактериозы и т. п. Эта специфическая информация, не подменяя специальной главы 21, дает подтверждение, что компоненты молочной сыворотки «не только кормят, но и лечат».

Экономическая эффективность (в ценах 2007 г.) от производства вареной колбасы с комплексной системой «ОкаЛакт» составляет 6440 руб. за 1 т продукции при уровне рентабельности 16 %. Высокая рентабельность производства позволяет выделять достаточные средства на рекламно-коммерческую деятельность, что способствует продвижению товара на рынке.

Одним из факторов, влияющих на качество сырокопченых и сыровяленых колбас, является правильное применение углеводов, добавляемых в фарш для обеспечения легко фермен-

тируемой среды для микроорганизмов, участвующих в процессе созревания фарша. Хорошие результаты дает использование смеси углеводов, состоящей из моно-, ди- и полисахаридов. Масса их может колебаться от 1 до 3 %. Довольно широкое распространение получила лактоза, как в чистом виде, так и в составе молочно-белковых концентратов. Изучено влияние лактозы и лактозосодержащих препаратов (концентрат сывороточный белково-углеводный (КСБУ), сухая подсырная сыворотка), на величину содержания нитрозопигментов и остаточного нитрита в мясных фаршевых системах [130]. Установлено, что введение рафинированного молочного сахара взамен сахарозы способствовало снижению остаточного нитрита в опытных образцах на 32,1 % по сравнению с контрольным образцом. В мясных фаршевых системах с лактозосодержащими препаратами темп снижения остаточного нитрита ниже и зависит от содержания в них белка и лактозы. Так, в образце, содержащем сухую подсырную сыворотку, концентрация нитрита снизилась на 20,3 %, в образце с КСБУ на 8,9 %. Полученные данные по повышению безвредности опытных образцов с лактозой и лактозосодержащими препаратами коррелируют с относительным содержанием нитрозопигментов. Результаты визуальной оценки цвета модельных фаршей свидетельствуют о более интенсивной окраске опытных образцов, содержащих лактозу и лактозосодержащие препараты по сравнению с традиционно используемым свекловичным сахаром. Об этом свидетельствуют и спектры отражения.

С целью интенсификации процесса трансформации нитрита натрия и преобразования миоглобина мышечной ткани в нитрозомиоглобин можно использовать концентрат лактулозы «Лактусан», содержащий 72,5 % лактулозы и галактозы при массе сухих веществ 94 %. Было отмечено, что наблюдается существенное снижение количества остаточного нитрита в опытных образцах в 3–7 раз по сравнению с контрольными (в зависимости от количества вносимого препарата «Лактусан»), что может быть связано с большим редуцирующим потенциалом данного препарата [131]. Так же наблюдалось снижение количества остаточного нитрита в готовом продукте за счет его трансформации в нитрозомиоглобин. Таким образом, использование препарата «Лактусан» при производстве вареных колбас взамен сахара, позволяет улучшить цветовые характеристики готового продукта из *PSE* сырья, повысить трансформацию нитрита в процессе цветообразования и значительно снизить его остаточное количество.

Представляет интерес использование в технологии мясопродуктов комбинированного состава концентратов сывороточных белково-углеводных (КСБУ) в гель-форме [132]. Опытные образцы КСБУ в гель-форме готовили из альбуминного творога и модифицированной сгущенной подсырной сыворотки в соотношении 10: 3. Для загущения концентратов и перевода их в гель-форму использовали пшеничную муку и карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) с учетом ее более высоких желеобразующих свойств. Препараты с оптимальной вязкостью и плотностью образуются при введении 20 % пшеничной муки и 5 % КМЦ, а КСБУ в гель-форме имеют оптимальные физико-химические показатели и структурно-механические характеристики, позволяющие эффективно использовать концентраты в технологии мясопродуктов.

Для интенсификации технологических процессов и улучшения качественных характеристик ферментированных колбас целесообразно использовать пищевые добавки: концентрат лактулозы, глицин и лизоцим (в составе яичного белка) в качестве физиологически функциональных пищевых ингредиентов [133]. Использование глицина — естественного комплексообразователя, обусловлено его способностью уплотнять фарш, создавая анаэробные условия, благоприятные для развития молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий. Глицин содержится во всех тканях организма, относится к регуляторам обмена веществ, исполняет роль тормозного медиатора, оказывает антистрессовое и ноотропное действие. Использование лактулозы обусловлено ее пребиотическими свойствами, а целесообразность использования лизоцима — антимикробной активностью в отношении грамположительной микрофлоры. Установлено, что введение 0,6 % лактулозы, 0,03 % глицина и 0,0008 % лизоцима в рецептуру

ферментированных колбас приводит: к снижению показателей уровня безопасности по остаточному содержанию нитрита натрия на 35 %, 12 %, 2 %; по КМАФАнМ, КОЕ/г — 20 %, 19 % и 33 %. Лактулоза способствует росту молочнокислых бактерий на 27,6 % в сравнении с контролем. Глицин и лизоцим являются ингибиторами плесневых грибов. Применение комплекса функциональных ингредиентов (глицин, лактулоза, лизоцим) не исключило использование стартовых культур в виде бактериального препарата ПБ-МП, что обеспечило надежность производства, быстрое начало процесса ферментации и ускоренное созревание новых видов сырокопченых колбас «Колбасы сырокопченые с пониженным содержанием жира». Промышленное освоение новых рецептур позволило получить прибыль 41,4–53,6 тыс. руб. на 1 т продукта (в ценах 2007 г.). Сравнительная оценка новых видов ферментированных колбас по показателям качества в процессе хранения показала, что комплекс (глицин + лактулоза + лизоцим) оказывает синергическое действие на вносимые антиоксиданты и обеспечивает сохранение качества до 4 мес.

19.10. Резюме по главе 19

Даже не полный перечень всех возможных направлений использования молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в продуктах питания непосредственного потребления и в качестве ингредиентов (наполнителей-обогащителей) не уместился бы в объем монографии. Только на европейском рынке за последние годы число продуктов из молочной сыворотки превысило 2000 наименований. К тому же он постоянно пополняется практически во всех странах, где развито молочное дело и производятся белково-жировые продукты.

В настоящей главе лишь обозначены приоритеты для отечественных товаропроизводителей (с показом на конкретных примерах сыров, творога, хлебобулочных и мясных изделий), где можно, нужно и экономически выгодно применять молочную сыворотку во всех ее многообразных и бесконечных ипостасях. Особый интерес, по нашему мнению, представляют сыворокотные сыры типа Мюзот и Месмор норвежского типа (наш бренд «ЛактоЧиз»), который пока не нашел еще своего потребителя и потенциально может рассматриваться как «теплое мороженое». Но хочется надеяться, что и эта клеточка в шахматке продуктов из молочной сыворотки будет заполнена. Бренд сырной массы «Кавказ», когда-то созданный в СКФ ВНИИМС как аналог зарубежной Рикотты (привезла правительственная делегация профессионалов из Италии), должен найти место на всех предприятиях, особенно на мини-производствах и фермерских сыроварнях. Традиционный сыр и к нему «добавка» из молочной сыворотки — антикризис и прибыль! Безусловно, наш хлеб должен быть с молоком, как писала газета ЦК КПСС «Правда» в свое время [134]. Разработка нашего творческого коллектива 70-х годов XX века и ее продолжение под брендом «Лактохлеб» могут быть востребованы на государственном уровне как антикризисная программа президента или премьер-министра РФ (аналог был в свое время в США). Весь хлеб в стране должен быть обогащен природными нутриентами из молочной сыворотки и ее модификаций — экономия муки и здоровье нации. Мясопродукты призваны иметь дополнения с обогащением на основе компонентов молочного сырья. В идеале был казеинат натрия, аналог ему с бифидогенным фактором адаптирован в исследованиях В. И. Шипулина [135].

В целом ассортимент продуктов из/на основе и с использованием молочной сыворотки может удовлетворить любые инновационные разработки в плане модернизации пищевой индустрии, что показано на примерах авторских разработок нашего творческого коллектива [1–33 и др.], КемТИПП [63, 67, 79, 136], ВГТА [77], ВНИИКИМ [137], ВНИМИ [138], ВНИИМС [139] и других научных и учебных учреждений, а так же практики.

19.11. Литература к главе 19

1. Храмцов, А. Г. Новые направления в разработке продуктов функционального питания [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2005. – С. 14–20.
2. Синельников, Б. М. Портфель инноваций НИИ биотехнологии продуктов питания для научного прогресса, подготовки и переподготовки специалистов высшей квалификации для предприятий пищевой промышленности [Текст]/Б. М. Синельников, Н. И. Каргин, Ю. И. Куликов, А. Г. Храмцов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 2. – С. 67–70.
3. Суюнчев, О. А. Разработка технологии гипоаллергенных продуктов из козьего молока [Текст]/О. А. Суюнчев//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2006. – № 1. – С. 64–66.
4. Суюнчев, О. А. Использование молочного жира, казеиновой пыли и сывороточных белков молочной сыворотки в технологии сыра и творога [Текст]/О. А. Суюнчев//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2006. – № 3. – С. 75–78.
5. Лодыгин, А. Д. Теоретические предпосылки и технология получения производных лактозы – галактоолигосахаридов [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. В. Серов, А. Б. Рябцева//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2006. – № 3. – С. 78–82.
6. Храмцов, А. Г. Лактозосодержащее сырье – феноменология термина, практика и перспективы использования [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 11–14.
7. Храмцов, А. Г. Олигосахариды – пребиотики из лактозы молочного сырья, их функциональное назначение и некоторые свойства лактулозы [Текст]/А. Г. Храмцов, С. А. Рябцева, Д. О. Мянчина//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 16–20.
8. Лодыгин, А. Д. Лактосахароза и галактоолигосахариды – новые перспективные пребиотики из лактозосодержащего сырья [Текст]/А. Д. Лодыгин, А. Б. Рябцева//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 26–28.
9. Евдокимов, И. А. Тенденции переработки молочной сыворотки через низколактозные и безлактозные продукты [Текст]/И. А. Евдокимов, Б. О. Суюнчева, И. К. Никульникова//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 28–32.
10. Храмцов, А. Г. Современные технологии продуктов на основе гидролиза лактозы молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмцов, А. Д. Лодыгин, А. Г. Вардадян//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 32–34.
11. Храмцов, А. Г. Лактобел – высокоэффективный отечественный пребиотик нового поколения из молочного белково-углеводного сырья для продуктов функционального питания [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 50–52.
12. Храмцов, А. Г. Продукты функционального питания с лактулозой [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, А. В. Половянова//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 69–70.
13. Суюнчева, Б. О. Использование пребиотиков и пробиотиков в хлебопекарной промышленности [Текст]/Б. О. Суюнчева, П. В. Вавренюк, М. С. Ткачева//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 73–77.
14. Храмцов, А. Г. Аспекты использования пребиотика лактулозы в хлебопекарной и кондитерской промышленности для создания функциональных продуктов питания [Текст]/А. Г. Храмцов, Б. О. Суюнчева//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 77–80.
15. Евдокимов, И. А. Получение и использование сиропов гидролизованной лактозы в хлебопекарной и кондитерской промышленности [Текст]/И. А. Евдокимов, Б. О. Суюнчева, А. А. Никульникова//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2006. – № 2. – С. 80–82.

16. Лодыгина, С. В. Экспериментальное обоснование технологии пребиотических и синбиотических концентратов на основе анионообменной обработки лактозосодержащего сырья [Текст]/С. В. Лодыгина, А. С. Бессонов, Н. Н. Абакумов, С. А. Рябцева, А. Д. Лодыгин, С. А. Емельянов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2007. – № 1 (10).
17. Евдокимов, И. А. Сыророчотные десерты на основе деминерализованной молочной сыворотки [Текст]/И. А. Евдокимов, И. К. Куликова, А. С. Бессонов, А. П. Поверин, В. А. Михнева//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2007. – № 4 (13).
18. Храмов, А. Г. Концепция пано-, био-, мембранных технологий продуктов функционального питания нового поколения и возможности ее реализации в рамках научного направления «Живые системы» [Текст]/А. Г. Храмов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2008. – № 2 (15). – С. 87–95.
19. Гордиенко, Л. А. Перспективы использования концентратов сыророчотных белков в технологиях пищевых продуктов [Текст]/Л. А. Гордиенко, И. А. Евдокимов, М. С. Золотарева, А. Г. Скороходов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2008. – № 2 (15). – С. 95–97.
20. Храмов, А. Г. Современные технологии синтеза галактоолигосахаридов из лактозы молочного сырья для продуктов функционального питания нового поколения [Текст]/А. Г. Храмов, А. Д. Лодыгин, А. Б. Родная//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2008. – № 3 (16). – С. 63–67.
21. Ткаченко, А. Г. Перспективы применения коллоидного раствора хитозана при безопарном ускоренном способе производства хлеба [Текст]/А. Г. Ткаченко, П. П. Климов, И. А. Евдокимов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2008. – № 3 (16). – С. 67–71.
22. Василисин, С. В. Перспективы получения пищевого бифидогенного концентрата из молочной сыворотки с использованием электрообменных методов обработки молочного сырья [Текст]/С. В. Василисин, А. Д. Лодыгин, Р. И. Робилов//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2008. – № 4. – С. 17–19.
23. Храмов, А. Г. Использование КСБ-УФ для непрерывного производства мягкого сыра [Текст]/А. Г. Храмов, О. А. Суюнчев, А. С. Рудаков, А. С. Сардак//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». Ставрополь: СевКавГТУ. – 2008. – № 4. – С. 32–34.
24. Храмов, А. Г. Инновационные приоритеты научного направления «Живые системы» на современном этапе производства продуктов питания нового поколения [Текст]/А. Г. Храмов//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2009. – № 1 (18). – С. 62–67.
25. Храмов, А. Г. Инновационные разработки творческого коллектива научного направления «Живые системы» – в концепцию экономического и социального развития Ставрополя, ЮФО и России до 2020 года [Текст]/А. Г. Храмов//Сборник научных трудов СевКавГТУ серия «Продовольствие». – 2009. – № 5. – С. 5–8.
26. Родная, А. Б. Инновационная технология концентратов галактоолигосахаридов из лактозосодержащего сырья [Текст]/А. Б. Родная, А. Г. Храмов, А. Д. Лодыгин, Ю. В. Дикунова//Сборник научных трудов СевКавГТУ серия «Продовольствие». – 2009. – № 5. – С. 8–11.
27. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. – 173 с.
28. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современный взгляд на производство творога, творожных паст и сыров: расширение ассортимента, совершенствование технологий и оборудования», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2008. – 209 стр.
29. Сборник материалов международного научно-практического семинара «Реальные мембранные пабиотехнологии в молочной промышленности», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2009. – 82 с.
30. Храмов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учебное пособие [Текст]/А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко. – М.: ДеЛи-принт, 2004. – 578 с.
31. Храмов, А. Г. Технология молочного сахара [Текст]/А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов – М.: ДеЛи-принт. – 2004. – 277 с.
32. Рябцева, С. А. Технология лактулозы [Текст]/С. А. Рябцева – М.: ДеЛи-принт, 2003. – 232 с.
33. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храмов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, В. А. Серов; науч. ред. акад. РАСХН А. Г. Храмов. – СПб.: Профессия, 2007. – 768 с.

34. J.N. de Wit. *Lehrbuch der Molke und Molkenerzeugnisse* [Текст]/J.N. de Wit — Brssel: European Whey Products Association. — 2001.
35. Шингарева, Т. И. Применение сыворотки при производстве белковых продуктов [Текст]/Т. И. Шингарева, З. В. Василенко, О. И. Кунцова//Переработка молока. — 2006. — № 12. — С. 26–28.
36. Кузнецова, Т. А. Сыры Норвегии [Текст]/Т. А. Кузнецова//Молочная промышленность. — 2006. — № 1. — С. 4
37. Храмцов, А. Г. Особенности производства сыров из сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, Д. М. Кубанская, О. А. Суянов//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. — С. 109–111.
38. Применение сыворотки при производстве белковых продуктов [Текст]/Переработка Молока. — 2006. — № 12. — С. 26–27.
39. Суянов, О. А. Разработка ресурсосберегающих технологий мягких сыров и других продуктов из коровьего и козьего молока: дисс.... докт. техн. наук [Текст]/Суянов О. А. — Ставрополь, 2006. — 330 с.
40. Храмцов, А. Г. Композиционные системы сывороточного сыра «Лактолиз» [Текст]/А. Г. Храмцов, Д. М. Кубанская, О. А. Суянов//Сыроделие и малоделие. — 2006. — № 6. — С. 20–21.
41. Храмцов, А. Г. Молочная сыворотка [Текст]/А. Г. Храмцов. — М.: Агропромиздат. — 1990. — 240 с.
42. Бобылин, В. В. Теоретическое обоснование и исследование закономерностей формирования мягких кислотно-сычужных сыров [Текст]/дис... докт. техн. наук 05.18.04/В. В. Бобылин. — Кемерово, 1999. — 462 с.
43. Бобылин, В. В. Физико-химические и биотехнологические основы производства мягких кислотно-сычужных сыров [Текст]/В. В. Бобылин. — Кемерово: КемТИПП. — 1998. — 208 с.
44. Смирнова, И. А. Теоретическое обоснование и исследование закономерностей формирования сыров с термокислотной коагуляцией белков молока [Текст]/Автореф. дисс. ... докт. техн. наук/И. А. Смирнова. — Кемерово, 2003. — 40 с.
45. Смирнова, И. А. Биотехнологические аспекты производства термокислотных сыров [Текст]/И. А. Смирнова. — Кемерово: КемТИПП. — 2002. — 208 с.
46. Лафишев, А. Ф. Разработка технологии белково-жирового продукта на основе цельного молока и несепарированной подсырной сыворотки: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Лафишев А. Ф. — Ставрополь, 2003. — 140 с.
47. Храмцов, А. Г. Технология мягкого сыра на основе совместной термокислотной коагуляции белков молока и сыворотки [Текст]/А. Г. Храмцов, О. А. Суянов, А. Ф. Лафишев//Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции «Вековые традиции и перспективы развития российского сыроделия» Минсельхоз РФ, РАСХН. Барнаул. — 2002. — С. 145–147.
48. Храмцов, А. Г. Особенности совместной термокислотной коагуляции белков молока и сыворотки при производстве сыра [Текст]/А. Г. Храмцов, О. А. Суянов, А. Ф. Лафишев//Материалы 2-й Всероссийской научно-технической конференции «Современные достижения биотехнологии». Т. 2. — Ставрополь. — 2002. — С. 31–35.
49. Храмцов, А. Г. Использование молочного жира, казеиновой пыли и сывороточных белков в технологии сыра и творога [Текст]/А. Г. Храмцов, О. А. Суянов, А. Ф. Лафишев, В. М. Кленкер//Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 3. — С. 40–41.
50. Суянов, О. А. Исследование химического состава сыров при копчении [Текст]/О. А. Суянов, А. Ф. Лафишев, М. К. Кенжакулов//Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». — Ставрополь. — 2001. — С. 36–37.
51. Суянов, О. А. Аминокислотный состав сыров, полученных термокислотной коагуляцией белков [Текст]/О. А. Суянов, Н. А. Доценко, А. Ф. Лафишев//Сборник статей Всероссийской конференции «Роль биотехнологии в экологизации природной среды, питании и здоровья человека» г. Михайловск, (Ставропольский НИИ сельского хозяйства), Россельхозакадемия. — Ставрополь. — 2001. — С. 65.
52. Тексеев, А. А. Изучение биологической ценности сыров, полученных термокислотной коагуляцией белков [Текст]/А. А. Тексеев, О. А. Суянов, А. Ф. Лафишев//Вестник СевКавГТУ серия «Продовольствие». — Ставрополь: СевКавГТУ — 2003. — С. 70–71.
53. Манылов, С. В. Исследование влияния денатурированных сывороточных белков на свойства низкокалорийных молочно-белковых продуктов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.04/Манылов Сергей Владимирович. — Кемерово, 2009.

54. Захарова, Н. П. Сыворотка в производстве плавленых сыров [Текст]/Н. П. Захарова, И. Т. Смыков, Е. А. Водолаская, С. В. Кучеренко//Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 3. — С. 42.
55. Остроумов, Л. А. Использование сывороточных белков в продуктах питания [Текст]/Л. А. Остроумов, Ю. В. Леоненко, И. С. Разумникова, В. П. Емелин//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 76–77.
56. Артюхова, С. И. Использование сывороточных и соевых белков в технологии домашнего сыра [Текст]/С. И. Артюхов, Н. В. Лашина, И. С. Хамагаева//Сыроделие и маслоделие. — 2006. — № 4. — С. 47.
57. Клепкер, В. М. Разработка технологии творожных изделий с бифидогенной активностью: Автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.04/Клепкер В. М. — Ставрополь, 2005.
58. Храпцов, А. Г. Исследование режимов совместной коагуляции белков цельного молока, подсырной и творожной сыворотки при производстве творожной массы [Текст]/А. Г. Храпцов, В. М. Клепкер, О. А. Суянов//Вестник СевКавГТУ серия «Продовольствие». — Ставрополь: СевКавГТУ — 2004. — С. 42–43.
59. Клепкер, В. М. Внесение наполнителей при производстве молочных продуктов [Текст]/В. М. Клепкер, О. А. Суянов//Материалы Всероссийской конференции «Современные достижения биотехнологии». — Ставрополь. — 1996. — С. 238.
60. Клепкер, В. М. Прогрессивная ресурсосберегающая технология пребиотических белковых продуктов [Текст]/В. М. Клепкер, О. А. Суянов//Материалы 2-й Международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности». — Воронеж. — 2004. — С. 118–120.
61. Клепкер, В. М. Новые пребиотические продукты линии «Здоровое питание» производства ОАО «Молочный комбинат «Ставропольский» [Текст]/В. М. Клепкер//Молочная промышленность. — 2005. — № 3. — С. 13–14.
62. Фриденберг, Г. В. Использование молочной сыворотки при производстве творога, творожных продуктов и папиков [Текст]/Г. В. Фриденберг, Г. И. Есина//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность». — 2009. — С. 82.
63. Проссков, А. Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенистых дисперсных систем [Текст]/Дис... докт. техн. наук: 05.18.04/Проссков Александр Юрьевич. — Кемерово, 2004. — с. 406.
64. Проссков, А. Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой: Монография [Текст]/А. Ю. Проссков. — Кемерово: КемТИПП — 2001. — 172 с.
65. Кузнецова, Е. В. Совершенствование процессов перемешивания и структурообразования в молочных-агаровых системах [Текст]/Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12, 05.18.04/Кузнецова Елена Владимировна. — Воронеж, 2005 140 с.
66. Громов, К. Г. Теоретические предпосылки использования пектиновых веществ в производстве молочных продуктов [Текст]/К. Г. Громов, Л. И. Вождава//Комбинированные пищевые продукты: Тезисы научных работ. — Кемерово. — 1996. — С. 14.
67. Козлов, С. Г. Исследование и разработка технологий сывороточных гелеобразных продуктов с использованием растительного сырья [Текст]/Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Козлов Сергей Геннадьевич. — Кемерово, 2008. — 374 с.
68. Козлов, С. Г. Многокомпонентные желированные продукты [Текст]/С. Г. Козлов, Л. И. Вождава//Молочная промышленность. — 2003. — № 7. — С. 22.
69. Остроумова, Т. А. Зернистые гелеобразные продукты на основе молочной сыворотки [Текст]/Т. А. Остроумова, С. Г. Козлов, О. Ю. Афанасьев//Сыроделие и маслоделие. — 2005. — № 4. — С. 35–36.
70. Ярошук, О. А. Фруктовые десерты с пектином на основе молочной сыворотки [Текст]/О. А. Ярошук, Г. П. Овчарова, Л. В. Донченко//Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 14–15.
71. Панасенко, Н. А. Гелеобразные продукты из сыворотки и черной смородины [Текст]/Н. А. Панасенко, С. Г. Козлов, А. С. Шебукова, А. Ю. Проссков//Молочная промышленность. — 2007. — № 2. — С. 44.
72. Жидков, В. Е. Развитие биотехнологических аспектов производства альтернативных вариантов топизирующих папиков на основе молочного лактозосодержащего сырья [Текст]/Дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Жидков В. Е. — Москва, 2001.

73. Байматова, Е. В. Исследование и разработка технологии продуктов из молочной сыворотки с использованием лекарственных растений [Текст]/Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Байматова Е. В. — Кемерово, 2006. — 16 с.
74. Моисеева, Ю. А. Исследование и разработка ферментированных фитонепитков из сыворотки с использованием Melissa лекарственной [Текст]/Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Моисеева Ю. А. — Кемерово, 2006. — 16 с.
75. Будрик, В. Г. Создание и исследование роторно-пульсационной установки для производства жидких и пастообразных молочных продуктов [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.12/Будрик В. Г. — Москва, 2005. — 153 с.
76. Мкртчян, Е. Ю. Формирование консистенции низколактозного кисломолочного продукта [Текст]/Е. Ю. Мкртчян, В. И. Носкова//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность». — 2009. — С. 81.
77. Мельникова, Е. И. Исследование биотехнологического потенциала творожной сыворотки: модификация химического состава, прогнозирование качества и новые технологические решения [Текст]/Дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07/Мельникова Елена Ивановна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2007. — 458 с.
78. Станиславская, Е. Б. Разработка технологий десертных продуктов на основе УФ-концентрата творожной сыворотки [Текст]/Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Станиславская Екатерина Борисовна. — Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 2008. — 23 с.
79. Попов, А. М. Научное обоснование и реализация технологических процессов производств сухих концентратов напитков с использованием молочной сыворотки [Текст]/дис... докт. техн. наук: 05.18.04, 05.18.12/Попов Анатолий Михайлович. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 359 с.
80. Постолова, М. А. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного черничного киселя на основе молочной сыворотки [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Постолова Мария Анатольевна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 138 с.
81. Тихонов, В. В. Разработка и исследование технологии гранулирования творожной сыворотки [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Тихонов Виктор Владимирович. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 128 с.
82. Драпкина, Г. С. Разработка технологии сухой гранулированной молочной сыворотки методом окатывания [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Драпкина Галина Станиславовна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2002. — 94 с.
83. Куприна, И. К. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного молочного киселя с плодово-овощными компонентами [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Куприна Ирина Константиновна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. — 130 с.
84. Литвина, Е. А. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного киселя на основе ароматизированной черноплодной с добавлением молочной сыворотки [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Литвина Елена Александровна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. — 126 с.
85. Коновалова, О. В. Разработка и исследование технологии быстрорастворимого гранулированного брусничного киселя с молочной сывороткой [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Коновалова Ольга Викторовна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. — 139 с.
86. Ветрова, Н. Т. Разработка технологии и совершенствование процессов производства быстрорастворимого гранулированного завтрака на основе молочной сыворотки и экстракта ароматизированной черноплодной [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Ветрова Надежда Толибджоновна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. — 113 с.
87. Берязева, Л. Н. Разработка технологии и совершенствование аппаратного оформления производства полидисперсного гранулированного завтрака на основе творожной сыворотки и рябины обыкновенной [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Берязева Лилия Николаевна. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 120 с.
88. Сухоруков, А. В. Разработка технологии быстрорастворимого гранулированного напитка с использованием творожной сыворотки и растительного сырья [Текст]/Дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Сухоруков Андрей Васильевич. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. — 108 с.

89. Тихомирова, Н. А. Современное состояние и перспективы развития продуктов функционального питания [Текст]/Н. А. Тихомирова//Молочная промышленность. — 2009. — № 7. — С. 5–8.
90. Гаврилова, Н. Б. Сухая молочная сыворотка в кисломолочном десертном продукте [Текст]/Н. Б. Гаврилова, О. В. Паско, Е. С. Гришина//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 54–55.
91. Круглик, В. И. Теоретическое обоснование и практическая реализация технологий гидролизатов молочных белков и специализированных продуктов с их использованием [Текст]/Дис... д-ра техн. наук: 05.18.04/Круглик Владимир Иванович — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. — 344 с.
92. Рябцева, С. А. Влияние лактулозы на свойства молочных продуктов [Текст]/С. А. Рябцева, М. А. Брацкихина//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность», 2009. — С. 86.
93. Гаврилов, Г. Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами [Текст]/Г. Б. Гаврилов. — М.: Издательство Россельхозакадемии, 2006. — 134 с.
94. Гаврилов, Г. Б. Функциональные молочные продукты нового поколения «Для здоровья» [Текст]/Г. Б. Гаврилов//Материалы Международной научно-практической конференции «Молочная индустрия — 2009». — М.: АНО «Молочная промышленность». — 2009. — С. 111.
95. Корсун, О. С. Создание функциональных кисломолочных продуктов — актуальная проблема современности [Текст]/О. С. Корсун, В. Ю. Конгарева, Е. С. Зуб//Материалы Международной научно-практической конференции «Безопасность и качество товаров». — Саратов. — 2007. — С. 101–104.
96. Крючкова, В. В. Пребиотики в функциональных кисломолочных продуктах [Текст]/В. В. Крючкова//Молочная промышленность. — 2009. — № 7. — С. 34–36.
97. Крючкова, В. В. Молочные продукты с кедровым жмыхом и пребиотиком «Лаэль» [Текст]/В. В. Крючкова, А. В. Ключова, Л. В. Сорокина//Молочная промышленность. — 2009. — № 10. — С. 56–58.
98. Крючкова, В. В. Бионапитки «Лактимос» [Текст]/В. В. Крючкова, В. Ю. Конгарева//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 66–67.
99. Ганина, В. И. Кисломолочное мороженое с функциональными ингредиентами [Текст]/В. И. Ганина, М. А. Федотова, В. А. Обелец, А. А. Творогова//Молочная промышленность. — 2009. — № 7. — С. 63–64.
100. Федотова, М. А. Разработка технологии мороженого с пробиотическими культурами [Текст]/Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Федотова Марина Александровна. — Москва: ГОУ ВПО Московский государственный университет прикладной биотехнологии, 2008. — 24 с.
101. Гришина, А. С. Разработка технологии кисломолочных напитков с пробиотическими свойствами [Текст]/Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.04/Гришина Анна Сергеевна. — Ставрополь: ГОУ ВПО СевКавГТУ, 2009. — 24 с.
102. Токаев, Э. С. Сывороточные белки для функциональных напитков [Текст]/Э. С. Токаев, Е. Н. Баженова, Р. Ю. Мироедов//Молочная промышленность. — 2008.
103. Гордиенко, Л. А. Кисломолочные напитки с концентратом сывороточных белков [Текст]/Л. А. Гордиенко, И. К. Куликова, И. А. Евдокимов//Молочная промышленность. — 2009. — № 7. — С. 50–51.
104. Волокитина, З. В. Использование белков молочной сыворотки [Текст]/З. В. Волокитина, Ж. Л. Гучок, И. И. Ионова//Молочные реки. — 2008. — № 4 (32). — С. 16–19.
105. Смирнова, И. А. Сгущенные нежирные молочные консервы с сахаром с микропартикулированными сывороточными белками [Текст]/И. А. Смирнова, С. В. Манылов, Е. Е. Румянцев//Молочная промышленность. — 2009. — № 10. — С. 62.
106. Остроумов, Ю. В. Использование сывороточных белков в продуктах питания [Текст]/Л. А. Остроумов, Ю. В. Леоенко, И. С. Разумникова, В. П. Емелин//Молочная промышленность. — 2008. — № 11. — С. 76–77.
107. Цыганова, Т. Б. Разработка рецептур и технологии нового сорта хлебобулочных изделий пробиотического действия с использованием концентрата лактулозы для школьного питания [Текст]/Цыганова Т. Б., Люшинская И. И., Гусева Д. Д.//Труды Международной научно-практической конференции «Стратегия развития пищевой промышленности», посвященной 50-летию МГТА, вып. 8, Т. 1. — МГТА, 2003. С. 235–239.
108. Суюнчева, Б. О. Разработка технологии биодогенного концентрата из молочного белково-углеводного сырья для хлебопечения [Текст]/Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.01/Суюнчева Бэла Олеговна. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2004. — 24 с.

109. Храмцов, А. Г. Возможность использования улучшителей на основе белково-углеводного молочного сырья при производстве хлебобулочных изделий [Текст]/А. Г. Храмцов, С. А. Рябцева, П. Г. Нестеренко, Б. О. Суянцева//Материалы III регион. НТК «Вузовская наука — Северо-Кавказскому региону». Ставрополь. — 1999. — С. 13.
110. Суянцева, Б. О. Лактулоза в улучшителях для хлебопечения «Лактохлеб» [Текст]/Б. О. Суянцева, А. Г. Храмцов, С. А. Рябцева, И. А. Евдокимов, П. Г. Нестеренко, А. Д. Лодыгин, Н. М. Панова, А. Ф. Мячин//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 211.
111. Храмцов, А. Г. Технология бифидогенного концентрата из молочного белково-углеводного сырья для хлебопечения [Текст]/А. Г. Храмцов, Б. О. Суянцева//Тезисы докладов НПК «Прогрессивные, экологически безопасные технологии хранения и комплексной переработки сельскохозяйственной продукции для создания продуктов питания». Москва, 1999. — С. 440–441.
112. Храмцов, А. Г. Обогащение хлеба бифидогенным компонентом [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко, Н. А. Богданова, Б. О. Суянцева//Материалы Всероссийской конференции «Современные достижения биотехнологии — вклад в науку и практику XXI века». — Ставрополь: СевКавГТУ. — 1999. — С. 60.
113. Храмцов, А. Г. Применение лактулозы в хлебопекарной и кондитерской промышленности, конfectione производстве и других отраслях пищевой промышленности [Текст]/А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко, С. А. Рябцева, Б. О. Суянцева//Сборник научных трудов. Серия «Продовольствие». Выпуск 3. Ставрополь: СевКавГТУ. — 2000. — С. 40–43.
114. Храмцов, А. Г. Инвестиционный проект — обогащение хлебобулочных и кондитерских изделий бифидогенным фактором лактулозой из молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмцов, С. А. Рябцева, П. Г. Нестеренко, З. И. Асмаева, Б. О. Суянцева//Материалы международной НПК «Биоресурсы, биотехнологии, инновации Юга России». Ставрополь — Пятигорск. — 2003. — С. 192–196.
115. Жукова, Л. П. Использование молочной сыворотки в производстве продуктов питания [Текст]/Л. П. Жукова//Пищевая промышленность. — 1996. — № 11. — С. 24.
116. Жаринов, А. И. Полифункциональное использование плазмы крови и белоксодержащих систем на ее основе в технологии мясопродуктов [Текст]/Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Жаринов Александр Иванович. М.: МТИММП, 1991. — 450 с.
117. Постников, С. И. Пищевая и биологическая ценность новых видов мясопродуктов с молочным белково-углеводным препаратом «Лактобел» [Текст]/С. И. Постников, Л. И. Барыбина//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 159–160.
118. Постников, С. И. Использование лактозы и лактозосодержащего сырья при производстве мясных продуктов [Текст]/С. И. Постников, Ю. И. Куликов//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 160–166.
119. Постников, С. И. Молочный белково-углеводный препарат «Лактобел» — для мясных продуктов функционального питания [Текст]/С. И. Постников, Ю. И. Куликов, Л. И. Барыбина//Мясная индустрия. — 2007. — № 5. — С. 40–43.
120. Садовой, В. В. Разработка научных принципов проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных изделий с использованием вторичных ресурсов пищевой промышленности [Текст]/дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Садовой Владимир Всеволодович. Ставрополь: СевКавГТУ, 2007. — 429 с.
121. Садовой, В. В. Совершенствование технологических процессов и оптимизация рецептурных композиций в пищевой промышленности: Монография. Ставрополь: СевКавГТУ. — 2004. — 174 с.
122. Шлыков, С. Н. Разработка технологий рациональных эмульгированных мясопродуктов с использованием молочных белково-углеводных препаратов и ультразвукового акустического поля [Текст]/дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Шлыков Сергей Николаевич. Ставрополь, СевКавГТУ, 2007. — 162 с.
123. Садовой, В. В. Моделирование молекулярных свойств молочных белков, лактулозы и миоина [Текст]/В. В. Садовой, С. Н. Шлыков//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 176–177.

124. Садовой, В. В. Влияние лактозы и ее производных на технологические характеристики мясopодyктов [Текст]/В. В. Садовой, С. Н. Шлыков//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности». — 2006. — С. 122–124.
125. Постников, С. И. Инновационные технологии мясopодyктов с использованием молочных белково-углеводных и молочно-растительных препаратов нового поколения [Текст]/С. И. Постников, В. И. Шипулин, Л. И. Барыбина, Н. П. Оботурова, В. В. Куликова, В. А. Самылина, Е. Н. Стаценко, Н. Д. Лупандина, В. В. Марченко, И. В. Рыжикова//Сборник научных трудов «СевКавГТУ». Серия «Продовольствие». — 2009. — № 5. — С. 43–48.
126. Мирзаянова, Е. П. Разработка технологии мясopодyктов категории «Халяль» с использованием растительных масел и молочного белково-углеводного концентрата «Лактобел-ЭД» [Текст]/Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Мирзаянова Екатерина Петровна. — Ставрополь: ГОУ ВПО СевКавГТУ, 2009. — 24 с.
127. Шипулин, В. И. Изучение возможности использования минерализата сывороточного в качестве альтернативы посолочным веществам и колорантам в колбасном производстве [Текст]/В. И. Шипулин, А. В. Аванесова//Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2009. — № 3 (20). — С. 62–65.
128. Шипулин, В. И. Перспективы использования минерализата сывороточного в колбасном производстве [Текст]/В. И. Шипулин, А. В. Аванесова, Н. Д. Лупандина//Сборник научных трудов «СевКавГТУ». Серия «Продовольствие». — 2009. — № 5. — С. 48–51.
129. Самылина, В. А. Функциональные продукты на основе мясного сырья заданной пребиотически-сорбиционной направленностью [Текст]/В. А. Самылина, В. В. Садовой//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 184.
130. Постников, С. И. Использование лактозы и лактозосодержащего сырья при производстве мясных изделий [Текст]/С. И. Постников, Ю. И. Куликов//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 166.
131. Шипулин, В. И. Влияние препарата «Лактусан» на трансформацию нитрита натрия в фаршевых системах из PSE свинины [Текст]/В. И. Шипулин, Н. Д. Лупандина//Сборник материалов международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки», М.: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности». — 2006. — С. 121.
132. Постников, С. И. Качественные показатели концентратов сывороточных белково-углеводных в гель-форме [Текст]/С. И. Постников, Л. И. Барыбина//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание». — Москва, 2007. — С. 161.
133. Храменко, С. В. Совершенствование технологии полусухих ферментированных колбас [Текст]/Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04/Храменко С. В. — Ставрополь: ГОУ ВПО СевКавГТУ, 2007. — 19 с.
134. Храмов, А. Г. Хлеб с молоком [Текст]/А. Г. Храмов//Газета «ПРАВДА», № 72 (21407), 13.03.1977.
135. Шипулин, В. И. Инновационные технологии альтернативных вариантов мясopодyктов нового поколения [Текст]/Ставрополь, СевКавГТУ. — 2009. — 216 с.
136. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе комплексной переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Дис. ... д-р. техн. наук: 05.18.04/Гаврилов Гавриил Борисович. — Ярославль, 2006. — 433 с.
137. Храмов А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование биомембранной технологии молочного полисахаридного концентрата [Текст]/Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04/Храмов Андрей Андреевич. — М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности, 1999. — 405 с.
138. Харитонов, В. Д. Направления научного обеспечения молочной отрасли [Текст]/В. Д. Харитонов, О. Б. Федотова, Л. М. Коваленко//Молочная промышленность. — 2010. — № 1. — С. 5–7.
139. Свириденко, Ю. Я. Научное обеспечение промышленной переработки молочной сыворотки [Текст]/Ю. Я. Свириденко//Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 18–20.

Глава 20

Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в кормовых целях

20.1. Общие положения

Молочная сыворотка исторически достаточно широко, а чаще полностью, использовалась в качестве кормового средства. Существовали целые свиноводческие хозяйства, иногда при молочных заводах, где основным кормом являлась свежая натуральная молочная сыворотка. Это имело определенные плюсы в условиях мелкотоварного производства, но полностью исключено в современных условиях. Молочная сыворотка содержит в легкоусвояемой форме все питательные вещества, необходимые для роста молодого организма: белки с полным набором незаменимых аминокислот, лактозу, минеральные вещества. В ней также присутствуют гормоны, иммунные тела, фосфолипиды, стерины, ферменты, витамины, органические кислоты и небелковые азотсодержащие соединения, которые хотя и находятся в небольших количествах, но участвуют в регуляции всех жизненно важных функций живого организма.

В связи с этим представляется целесообразным использовать молочную сыворотку как сырье с высокой биологической и пищевой ценностью, в качестве кормовой добавки, обладающей функциональными свойствами (аналог БАД или ПД). При этом ее можно использовать в кормовых средствах как непосредственно, так и в виде компонентов и их производных. Особый интерес кормовые добавки на основе молочной сыворотки представляют при получении нового поколения ЗЦМ для молодняка сельскохозяйственных животных, при производстве полнорационных и стартерных комбикормов, лечебных и профилактических кормовых добавок (средств), а так же специальных заквасок для силосования кормов.

20.2. Использование натуральной, сгущенной и сухой молочной сыворотки при производстве ЗЦМ

Уже более 50 лет в мире применяются заменители молока с использованием молочной сыворотки. Это корма, позволившие найти технологические и экономические решения для животноводческих предприятий. Заменители молока широко применяются для выпойки молодняка сельскохозяйственных животных, как в жидком, так и в сухом виде. Ниже при-

ведены статистические данные по основным производителям заменителей цельного молока (ЗЦМ) в нашей стране и компаниям, которые поставляют его нашим животноводам.

В России крупнейшим производителем заменителей цельного молока по данным на 2008 год являлось ОАО «Молоко» (торговая марка «Молога»). Его доля составила 49,0% как в натуральном, так и в денежном выражении. Так же значительные объемы ЗЦМ были произведены ОАО «Вамин Татарстан» — 17,0% и ЗАО «Мустанг Ингредиентс» — 15,7%. На рис. 20.1 показаны основные производители ЗЦМ в России [1].

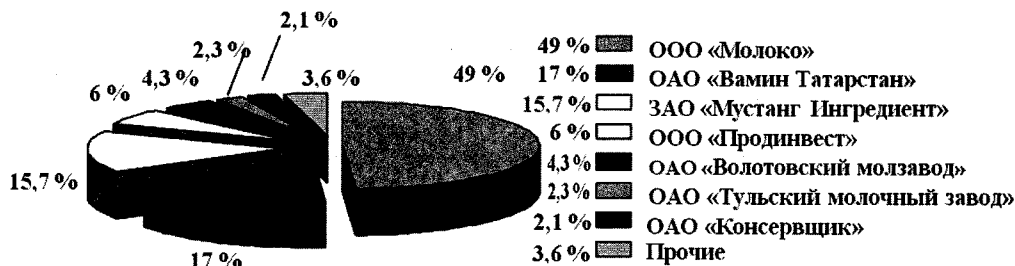


Рис. 20.1 Рейтинг производителей ЗЦМ в РФ

В 2008 г. доминирующее положение в импорте ЗЦМ занимали компании *Sloten B. V.* (Нидерланды) — ее доля в общем объеме импорта составила 26,0% в натуральном выражении, *Vreugdenhil B. V.* (Нидерланды) — 24,2% и *Nutrifeed Veghel* (Нидерланды) — 23,9%.

Итак, что же такое ЗЦМ? ЗЦМ — готовые смеси, составленные на основе прогрессивных разработок науки и передового опыта выращивания молодняка сельскохозяйственных животных, обеспечивающие рост и развитие животных, их высокую продуктивность во взрослом состоянии.

Подбор ингредиентов для ЗЦМ основывается, во-первых, на физиологических возможностях молодняка сельскохозяйственных животных усваивать питательные вещества кормов. Затем учитываются технологические свойства компонентов, и третий фактор — экономический аспект, от которого зависит целесообразность производства ЗЦМ.

Основными белковыми ингредиентами ЗЦМ являются побочные продукты от производства сыров (вторичное молочное сырье): обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка и концентрат сывороточных белков (КСБ-УФ). Среди перечисленных молочная сыворотка занимает достойное место и повсеместно используется в рецептурах ЗЦМ, а ее компоненты, и особенно производные, например лактулоза, делают их функциональными и даже лечебно-профилактическими.

ЗЦМ не новинка в сельском хозяйстве. Впервые появившись в 60-х годах XX столетия, они прочно вошли в ассортимент кормов. Кстати, следует заметить, что известный в XIX веке либиховский суп для телят составлялся на основе сыворотки молока. Первоначально ЗЦМ создавались на основе сухого обезжиренного молока (СОМ), но после развала Советского Союза и его плановой экономики заменители молока на основе СОМ стало невыгодно использовать из-за их дороговизны, их производство прекратилось. Однако уже через несколько лет начались первые поставки заменителей молока из Голландии. Они производились на основе сухой молочной сыворотки и были относительно недороги, что обусловило экономическую эффективность замены ими цельного молока в рационах телят. С тех пор и начался новый период для заменителей молока в России. В настоящее время практически все заменители молока, реализуемые в России, производятся на основе молочной сыворотки.

За рубежом производят сухие виды ЗЦМ, где содержание молочной сыворотки доходит до 65%, в то время как в отечественных ЗЦМ ее доля из-за высокого содержания лактозы

не превышает 45 %. Причина этого кроется в анатомо-физиологической особенности пищеварительной системы телят. В этот период их жизни функция преджелудочков еще не развита и телята не способны переваривать и усваивать более 35 % лактозы. Излишки лактозы в корме приводят к заболеванию диареей и даже к летальному исходу. Таким образом, увеличение доли молочной сыворотки в составе ЗЦМ возможно только за счет частичного или полного удаления из нее лактозы.

Промышленные технологии производства низколактозной и делактозной сыворотки освоены в ряде зарубежных стран. К сожалению, до сих пор в России подобные технологии существуют лишь в виде научных разработок и практически не используются в промышленности [1].

Все заменители молока делятся на заменители цельного (ЗЦМ) и обезжиренного (ЗОМ) молока. ЗЦМ в основном применяются для выпойки телят в молочный период и содержат в сухом порошке 20–25 % белка и 10–18 % жира. ЗОМ содержат 1–2 % жира и 35–38 % белка и применяются в основном для производства комбикормов для свиней или как белковая добавка в корма для телят и поросят.

Когда же можно давать ЗЦМ? Первые 10 дней после рождения единственным кормом для теленка должно быть молоко. Причем в первые 5–7 дней жизни телят необходимо выпаивать только качественным молозивом, так как в эти дни происходит адаптация организма к условиям окружающей среды. Статистика показывает, что 50 % отхода телят приходится на период новорожденности. А уже с 11-го дня жизни цельное молоко в рационах телят можно заменить полноценным ЗЦМ. На данный момент на рынке ЗЦМ существуют продукты, предназначенные к использованию с 4-го дня жизни теленка, сразу по окончании молозивного периода. Такие заменители содержат оптимальное соотношение животных белков, жиров, углеводов, сахаров, микро- и макроэлементов, а самое главное, эти питательные вещества представлены в легкоусвояемой форме. Животный белок вводится в состав рецептуры ЗЦМ в виде молочной сыворотки. Чем меньше возраст теленка, тем большее количество молочного белка ему необходимо. И наоборот, чем теленок старше, тем большее количество растительного белка он может усвоить.

В зависимости от состояния кормовой базы ЗЦМ можно применять до окончания сроков молочного периода у телят (3–3,5 мес.). Но если корма не сбалансированы по протеину, то телятам примерно до 6 месяцев подмешивают заменитель обезжиренного молока (ЗОМ) [2].

В зависимости от уровня качества ЗЦМ их начинают выпаивать телятам с различного возраста (табл. 20.1).

Таблица 20.1. Зависимость срока использования ЗЦМ от качества продукта

Уровень качества ЗЦМ	Содержание молочных компонентов	Начало использования для выпойки телят
Премиум	Более 85 %	2–3 день
Стандарт	От 65 % до 75 %	7–10 день
Эконом	Менее 55 %	21–30 день

Согласно данным *NRC* (США), в заменителях цельного молока не может содержаться менее 10 % жира и 20 % белка, иначе животному в молочный период развития просто не хватит энергии не только на рост и развитие, но и на поддержание своей жизнедеятельности. Также необходимо следить за количеством сырой клетчатки в ЗЦМ, оно должно быть не более 0,5–0,7 %. Низкое содержание клетчатки положительно влияет на пищеварительные процессы теленка. В ЗЦМ обязательно вводится премикс. Его добавление позволяет теленку получить больше витаминов и микроэлементов, которых часто не хватает в материнском молоке. Особенно сильно их нехватка проявляется весной и при плохом кормлении сухостойных коров [3].

Наука о кормлении не стоит на месте — появляются новые знания о физиологии пищеварения и потребностях животных. Учитывая это, и производители заменителей цельного молока совершенствуют свои продукты, используя современные технологии, разрабатывая новые составы, постоянно повышая качество ЗЦМ.

В настоящее время в России наиболее известны следующие марки заменителей цельного молока — «Кальволак», «Продлак», «Юнилак», «Кальвомилк», «Спрейфо», «Йоостен милк Экстра», «Левита», «Нэолак»; заменителей обезжиренного молока — «Супермель», «Прелак», «Нуклоспрей», «Делак», «Фидолак». Заменители цельного молока, продаваемые в России, в большинстве своем содержат 12 % жира и 23 % белка, или 16 % жира и 22 % белка. Одновременно на рынке присутствуют продукты с другими показателями содержания жира и белка, но их гораздо меньше.

В настоящее время в составе многих ЗЦМ присутствуют кормовые антибиотики. Однако при этом угнетается не только патогенная, но и полезная микрофлора, вырабатываются устойчивые к антибиотикам штаммы микроорганизмов. Кроме того, антибиотики, накапливаясь в органах и тканях животных, представляют определенную опасность для здоровья человека. В связи с этим с 01.07.1999 г. в странах ЕС запрещено использование нескольких традиционных антибиотиков, а с 2006 г. вводится полный запрет на их применение в кормлении животных.

Таким образом, возникла настоятельная потребность в разработке ЗЦМ нового поколения, обеспечивающих оптимальный рост и развитие животных в течение молочного периода выращивания и их высокую продуктивность во взрослом состоянии.

Новые технологии в производстве ЗЦМ и ЗОМ

В состав многих препаратов для контроля диареи у телят и поросят, а также в состав заменителей молока часто вводится штамм бактерий *Enterococcus faecium*. Этот пробиотик стимулирует иммунную систему теленка и улучшает сопротивление организма инфекциям. Заселяя пищеварительный тракт, он активно продуцирует молочную кислоту и короткоцепочечные жирные кислоты. Это способствует повышению образования кишечным эпителием слизистого секрета (местная защитная функция) и антител (иммуностимуляция), подавлению роста патогенной микрофлоры, снижению выделения токсичных веществ в кишечнике. *Enterococcus faecium* способствует восстановлению кишечной микрофлоры после кормового стресса и применения антибактериальных препаратов.

Enterococcus faecium входит в состав комплекса «Имагро» (поставщик голландская компания *Nutrifeed*), включаемого в высококачественные заменители цельного молока. «Имагро» также содержит пребиотик лактитол и органические кислоты, селективно подавляющие патогенные бактерии. «Имагро» способствует снижению заболеваемости и падежа телят, в будущем улучшает показатели продуктивности животных [4].

Комплексный препарат «Лактобифадол» российского производства, также входящий в состав высококачественных заменителей цельного молока, содержит лактобактерии и бифидобактерии, а также витамины, микроэлементы и органические кислоты. «Лактобифадол» повышает иммунитет и устойчивость организма к инфекциям, нормализует обмен веществ, усвоение макро- и микроэлементов корма восстанавливает аппетит, пищеварение после перенесенных заболеваний, применения антибиотиков и других лекарственных препаратов [5].

Ниже приведена краткая характеристика заменителей цельного молока, в состав которых входят комплексные препараты «Имагро» и «Лактобифадол».

ЗЦМ с использованием препарата «Имагро» — «Нэолак-ЗЦМ», «Кальволмик» и «Кальволак».

Нэолак — ЗЦМ (разработка голландской фирмы *Nutrifeed*) применяют для выпойки телят сразу после молозивного периода. «Нэолак-ЗЦМ» содержит повышенное количество жира — 20 %. В настоящее время в России все большей популярностью пользуется «холодный метод содержания телят», когда молодняк находится на открытом воздухе круглый год. Практика

показывает, что такой метод содержания улучшает сохранность телят, укрепляет иммунитет. Поэтому «Нэолак-ЗЦМ» с повышенным содержанием жира оптимально подходит для этих условий. В его состав входит делактозирванная сыворотка, комплексный препарат «Имагро», гидролизированный концентрат пшеничного белка, концентрат соевого белка и минерально-витаминный комплекс, в т. ч. и селен [4].

«Нэолак-ЗЦМ» также подходит для скормливания поросят:

- в подсосный период при отставании их в развитии или если у свиноматки слишком много поросят на подсосе;
- по окончании подсосного периода, если поросята не набирают массу, в качестве дополнительного прикорма.

Кальволак. Продукт является разработкой голландской фирмы *Nutrifeed*. Они выпускают ЗЦМ для телят и поросят «Кальволак-12» и «Кальволак-16». Новой разработкой фирмы *Nutrifeed* является ЗЦМ «Кальволак Экстра Имагро», содержащий гидролизированный пшеничный концентрат вместо соевого и пробиотический комплекс «Имагро» [5].

ЗЦМ «Кальволак» вырабатывается на основе подсырной и казеиновой сывороток. По своему биохимическому составу он максимально приближен к цельному молоку, а по содержанию в нем отдельно взятых компонентов (витамины, микроэлементы, аминокислоты) превосходит его. «Кальволак» сбалансирован по белку, в нем такое количество альбумина и глобулина, что по своему составу он больше приближается к молозиву, чем к молоку.

Кальвомилк. Это российский продукт, вырабатываемый по голландской технологии. Его выпускают двух видов:

Кальвомилк 16 — заменитель цельного молока для выпойки телят с 7-го дня жизни, жирность 16%.

Кальвомилк 12 — заменитель цельного молока для выпойки телят с 15-го дня жизни, жирность 12%.

«Кальвомилк» вырабатывают на основе молочной сыворотки. Он содержит в своем составе витамины — А, Е, С, D₃, В₁, В₂, В₆, В₁₂, К; микроэлементы — кальций, фосфор, натрий, железо, медь, марганец, цинк, кобальт, йод, селен; аминокислоты — метионин, цистин, лизин, треонин, триптофан, а также ниацин, пантотеновую кислоту, хлорид холина и флавофосфоллипид, комплексный препарат «Имагро». Применение препарата повышает резистентность к различным заболеваниям [6].

«Кальвомилк» и «Кальволак» содержат преимущественно сывороточные белки, не вызывающие створаживания в сычуге, поэтому процесс переваривания происходит быстрее — за 1,5 часа. Это стимулирует теленка в течение дополнительных 4,5 часов питаться грубыми кормами, что ведет к раннему развитию рубца и хорошим привесам. Потребление заменителей молока также увеличивает объем рубца, что обеспечивает последующее увеличение вымени и удоев.

Спецификация ЗЦМ с препаратом «Имагро» приведена в табл. 20.2.

Таблица 20.2. Спецификация ЗЦМ с препаратом «Имагро»

Наименование показателя	Значения		
	Нэолак-ЗЦМ	Кальволак	Кальвомилк
Сырой протеин не менее, %	20	20	20
Сырой жир, не менее, %	15	12	15
Минеральные вещества, не менее, %	10,5–11,0	11	12
Углеводы, не менее, %:	45	52	50
в том числе лактоза, не более	40	38–42	42
Сырая клетчатка, %	0,2	—	—
Обменная энергия	16,92 МДж/кг	4100 ккал/кг	4600 ккал/кг

ЗЦМ, получаемые с использованием препарата «Лактобифадол» — «Оптилак», «Поркомилк» и «Гроулак-экстра».

Оптилак 16 — заменитель цельного молока для выпойки телят с 15-го дня жизни, жир 16%. Это отечественный продукт, произведенный по голландской технологии и из голландских ингредиентов. В его состав входит делактозирванная молочная сыворотка; смесь пальмового и кокосового масла, обработанная методом распылительной сушки, что дает возможность добиться лучшей усвояемости жиров и молочного протеина; комплексный препарат «Лактобифадол» ($1,0 \cdot 10^9$ КОЕ); весь комплекс витаминов, макро- и микроэлементов (в т.ч. селен), а также аминокислот, необходимых в первые месяцы жизни теленка [4].

Гроулак-Экстра — заменитель цельного молока, который вводится в комбикорма для телят с 6 нед. жизни, его также используют для поросят и птицы. Содержат в своем составе комплексный препарат «Лактобифадол». ЗЦМ под брэндом «Гроулак» выпускают 4 видов:

Гроулак-Экстра 11 — заменитель цельного молока для роста и развития телят после 30-го дня жизни.

Гроулак-Экстра 12 — заменитель цельного молока для выпаивания телят с 5 недель.

Гроулак-Экстра 15 — заменитель цельного молока для выпаивания телят с 30-го дня жизни.

Гроулак-Экстра 16 — высококачественный сбалансированный заменитель цельного молока для выпаивания телят с 21-го дня жизни.

Поркомилк. Заменитель сухого обезжиренного молока, предназначен для постепенного перевода поросят с молока свиноматки на сухой корм. Изготавливается по голландской технологии. Продукт разработан на основе комбинации белков молочного и растительного происхождения и лактозы, применяется для изготовления высококачественного комбикорма для поросят. Содержит в своем составе комплексный препарат «Лактобифадол». Поркомилк также широко используется при производстве кормов для уток, гусей, индюшек, КРС и других животных мясных и молочных пород.

Спецификация ЗЦМ с препаратом «Лактобифадол» приведена в табл. 20.3.

Таблица 20.3. Спецификация ЗЦМ с препаратом «Лактобифадол»

Наименование показателя	Значения					
	Гроулак- Экстра 11	Гроулак- Экстра 12	Гроулак- Экстра 15	Гроулак- Экстра 16	Оптилак	Поркомилк
Сырой протеин, не менее %	18	20	18	20	20	37–40
Сырой жир, не менее %	11	11	15	15	15	0,5–2
Минеральные вещества, не менее %	10	7	10	11	10	6,5
Углеводы, в %:	50	50	50	50	48	55–60
в том числе лактоза, не более	30	42	30	40	42	32
Сырая клетчатка, %	1,5	1,5	1,5	1,5	—	—
Обменная энергия, ккал/кг	4000	4100	4200	4300	4600	3410

При производстве ЗЦМ также используют препарат *Cylactin LBC*, который нормализует микрофлору кишечника за счет включения в состав пробиотического штамма *Enterococcus faecium NCIMB 10415*. Этот штамм, заселяя пищеварительный тракт, активно продуцирует L-форму молочной кислоты и короткоцепочечные жирные кислоты, стимулирует кишечный эпителий к повышенному образованию слизистого секрета (защитная функция) и антител (иммуностимуляция), предотвращает повреждение микроворсинок слизистого слоя кишечника, подав-

ляет рост патогенной микрофлоры, такой как *E. coli*, *Clostridia*, *Salmonella*, снижает количество аммиака, токсичных амидов и токсинов в кишечнике, способствует восстановлению кишечной микрофлоры после кормового стресса и лечения антибактериальными препаратами.

ЗЦМ, получаемые с использованием препарата *Cylactin LBC* – «Лактомикс» и «Порколак-экстра».

Лактомикс. Заменитель сухого обезжиренного молока для поросят произведен в Голландии. Он является идеальным источником питательных веществ во время корректирующей диеты до и после отъема, когда желудочно-кишечный тракт поросят нуждается в развитии: увеличение объема, выработка естественного секрета, помогающего пищеварению.

Порколак-Экстра. Подкисленный заменитель свиноматочного молока производства Голландия. Используется со 2 дня жизни поросят, подходит для всех видов кормления, включая механизированное, хорошо усваивается и предотвращает диарею. Содержит препарат *Cylactin LBC* в количестве 10^7 КОЕ/г.

Спецификация ЗЦМ с использованием препарата *Cylactin LBC* приведена в табл. 20.4.

Таблица 20.4. Спецификация ЗЦМ с препаратом *Cylactin LBC*

Наименование показателя	Значение	
	Лактомикс	Порколак-Экстра
Сырой протеин, %	38	19
Сырой жир, %	1	115
Минеральные вещества, %	7,7	9,5
Углеводы, %	45,553	53
в том числе лактоза		42
Сырая клетчатка, %	—	2,5
Обменная энергия, ккал/кг	—	3050

Гидрофильные кормовые смеси (заменителей цельного молока) с использованием дисмембраторной технологии. В настоящее время вырабатывается три основных продукта, которые рекомендуется использовать как заменители цельного молока для выращивания телят и поросят – «Лактофит-Т», «Лактофит-ТП» и для производства стартерных и предстартерных кормов «Лактостарт». Сырьем для изготовления гидрофильных кормовых смесей служат: микронизированные соевые бобы, биошрот микроскопических грибов (*Blakeslea trispora*), сухая молочная сыворотка, биоллипидный экстракт, смесь олигосахаридов, пищевая глюкоза, L-лизин моногидрохлорид, DL-метионин кормовой, трикальцийфосфат кормовой, мел кормовой и другие ингредиенты. Ряд сырьевых продуктов сами являются сложными гетерогенными смесями, содержащими широкий спектр биологически активных веществ таких, как водо- и жирорастворимые витамины, макро- и микроэлементы, антиоксиданты, поверхностно-активные вещества, провитамины и т. д. [7].

Особенностью сухих гидрофильных кормовых смесей является их высокая однородность по гранулометрическому составу (размер частиц смеси в основном находится в пределах 20–50 мкм) и высокая гомогенность по минорным количествам отдельных биологически активных веществ от 96 до 98%. Еще одним преимуществом гидрофильных кормовых смесей является постоянство их химического состава.

В состав гидрофильных кормовых смесей входит целый спектр каротиноидов, которые выполняют несколько функций – являются провитаминами А и антиоксидантами. При этом концентрация каротиноидов в смесях равна концентрации каротиноидов в сухом цельном молоке высшего сорта, получаемого только в летнее время при обильном употреблении животными зеленой массы в неограниченном количестве. Спектр каротиноидов в гидрофиль-

ных кормовых смесях очень широкий и представлен в основном β -каротином, ликопином, ксантофиллами и др.

В целях расширения возможностей использования при производстве ЗЦМ творожной сыворотки во ВНИМИ проводятся исследования по разработке технологии и техники получения низколактозной творожной сыворотки на основе микробного синтеза. В творожную сыворотку вносят закваску, в состав которой входят ацидофильная палочка и термофильный стрептококк. Гидролиз лактозы молочнокислыми бактериями протекает наиболее активно при оптимальных значениях pH 6,0–6,7 до степени расщепления лактозы — 75 %, т.е. до содержания лактозы в конечном продукте около 1 %. Молочную кислоту, образуемую в процессе сквашивания, нейтрализуют оксидом и гидроксидом кальция. Обработанная таким образом ферментированная творожная сыворотка обогащается необходимой для теленка полезной микрофлорой, ферментами и кальцием. Приготовленные на основе ферментированной сыворотки жидкие и концентрированные заменители молока будут обладать пробиотической активностью. Смешивание ферментированной сыворотки с раскисленной нативной сывороткой позволит регулировать в заданных соотношениях содержание лактозы в составе ЗЦМ для различных возрастных групп молодняка с/х животных. Кроме того, низколактозная творожная сыворотка, в которой молочная кислота преобразована в лактаты кальция, легко подвергается распылительной сушке, что позволяет увеличить ее долю в составе сухих ЗЦМ до 60–65 % [8].

Для кормления поросят в период дорастивания и откорма можно применять цеолито-сывороточную кормовую добавку (ЦСД), состоящую из цеолита и сгущенной молочной гидролизованной сыворотки, обогащенной лактатами (СГОЛ-1–40) [9]. Цеолито-сывороточная добавка (ЦСД) представляет собой однородную сыпучую массу серого цвета, с кисло-молочным запахом. В состав ЦСД входит практически полный набор макро- и микроэлементов, некоторые витамины, бета-каротин, молочная кислота в свободной и связанной форме, сахара, жиры, протеолитические ферменты, электролиты, антибиотические вещества, продукты метаболизма молочнокислых микроорганизмов. В основе действия ЦСД на организм животных лежат высокие сорбционные и ионообменные свойства. Проходя по желудочно-кишечному тракту, ЦСД удаляет избыток жидкости, вредные газы, эндотоксины, тяжелые металлы, радионуклиды. ЦСД замедляет прохождение пищевого корма в пищеварительных органах животных, тем самым способствует усвоению питательных веществ корма, отложению энергии, азота кальция и фосфора. ЦСД стимулирует работу пищеварительного тракта животных, активизирует моторно-секреторную деятельность желудка и кишечника, способствует усилению окислительно-восстановительных процессов, возбуждению сердечно-сосудистой системы и дыхательного центра, препятствует возникновению воспалительных процессов в желудке и кишечнике, предотвращает некоторые расстройства пищеварения.

Готовится ЦСД по следующей технологии. На 4 части цеолита (по массе) необходимо взять 1 часть «СГОЛ-1–40». Затем их тщательно перемешать друг с другом до получения однородной сыпучей массы. Полученный продукт можно использовать уже в таком виде, подмешивая его в корм основного рациона из расчета 4 % от массы сухого вещества основного рациона для поросят в период дорастивания и 3 % — для свиней на откорме.

Однако свежеприготовленная ЦСД может храниться в обычных условиях не более пяти дней. Чтобы увеличить ее срок хранения (до 4 мес.) необходимо подсушить ее при температуре 65 °С до влажности 10–12 %. Кроме того, досушивание полученной кормовой добавки значительно повышает ее сорбционные свойства.

Анализируя изложенное, следует обратить внимание на широкие возможности использования молочной сыворотки в целом, ее отдельных компонентов и особенно производных в технологии полноценных ЗЦМ для молодняка сельскохозяйственных животных.

20.3. Использование натуральной, сгущенной и сухой молочной сыворотки при производстве кормовых добавок нового поколения

В настоящее время большая часть сыворотки в необработанном виде используется для кормления сельскохозяйственных животных. Установлено, что при скармливании необработанной молочной сыворотки у животных часто наблюдаются желудочно-кишечные расстройства, обусловленные присутствием значительного количества лактозы. Обработка же сыворотки ферментами с целью расщепления лактозы исключает возможность возникновения у животных заболеваний, связанных с лактозной непереносимостью.

В ГОУ Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия им. Н. В. Верещагина разработана технология получения сыворотки молочной ферментированной сгущенной (СМФС), обогащенной комплексом моносахаров, полученных в результате гидролиза лактозы, лактатами и аминокислотами [10, 11].

Гидролиз лактозы в творожной сыворотке проводят с помощью фермента, образуемого специально подобранным штаммом термофильного стрептококка *Str. thermophilus* B-5392, являющегося активным продуцентом β -галактозидазы (уровень активности от 12500 до 15000 ед/мг белка). Применяемый штамм *Str. thermophilus* использует в качестве источника углерода лактозу, утилизируя галактозную составляющую молекулы лактозы, при этом глюкоза секретируется в среду.

Кроме термофильного стрептококка в состав заквасочной микрофлоры входит *Lactobacillus acidophilus*, который повышает антагонистическую активность продукта, увеличивает срок хранения продукта за счет ингибирующего действия *Lactobacillus acidophilus* и образованных им метаболитов. Ацидофильная палочка также создает в желудочно-кишечном тракте условия, неблагоприятные для развития патогенных микроорганизмов.

Для обеспечения оптимальных условий развития заквасочной микрофлоры уровень кислотности творожной сыворотки снижают раствором пищевой соды (гидрокарбоната натрия), которая является химически безопасным и доступным реагентом, традиционно используемым в пищевой промышленности. Выбранная концентрация раствора пищевой соды позволяет провести нейтрализацию до pH ($6,5 \pm 0,5$) перед началом процесса ферментации.

Ферментацию сыворотки под действием молочнокислых микроорганизмов осуществляли при температуре (40 ± 5) °C. Выбранный процент внесения закваски (3–5%) обеспечивает достижение гидролиза лактозы за 4–6 часов сквашивания. Так, количество лактозы в свежей сыворотке составляло ($3,5 \pm 0,3$)%, а в ферментированной — ($1,3 \pm 0,2$)%. В ходе реакции молочной кислоты с гидрокарбонатом натрия образуется лактат натрия, присутствие которого в продукте также способствует лучшему усвоению основного корма.

Результаты проведенных испытаний на телятах 3-х месячного возраста показали, что при включении в рационы телят СМФС питательные вещества переходят в легкоусвояемую форму, молочнокислые микроорганизмы ускоряют формирование симбионтной микрофлоры и микрофауны преджелудков, обеспечивая повышенную целлюлозолитическую активность пищеварительной системы. Скармливание кормовой добавки из СМФС телятам в течение молочного периода выращивания способствует интенсификации роста и развития, обеспечивает формирование пассивного иммунитета, ускоряет процесс становления пищеварительного статуса.

Сотрудниками ООО «Профессиональные биотехнологии» разработана технология «Биотек — сыворотка молочная гидролизованная» [12]. Препарат является продуктом глубокой микробиотехнологической переработки молочной сыворотки с последующим низкотемпера-

турным сгущением. Безлактозный препарат «Биотек» содержит частично гидролизированный белок молочной сыворотки, олигопептиды и свободные аминокислоты, глюкозу, галактозу, лактаты, нуклеиновые кислоты, витамины С, Е, В₁, В₂, В₆, РР, β-каротин, эргостерин, фолиевую кислоту, ферменты, микро- и макроэлементы, полисахариды и другие биологически активные вещества, а также живую культуру лактобацилл и лактококков. В 1 см³ сыворотки содержится не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ молочнокислого стрептококка *Lactococcus lactis*.

Сыворотка улучшает аппетит, полностью усваивается организмом, способствует исчезновению неприятного запаха из пасти животного. Являясь эффектором пищеварения, повышает конверсию корма. Бактерии *Lactococcus lactis* отличаются устойчивостью к пищеварительным сокам и ферментам желудочно-кишечного тракта млекопитающих. Размножаясь, они выделяют в окружающую среду ферменты, витамины и другие биологически активные вещества, под воздействием которых нормализуется видовой состав микрофлоры кишечника. Повышает устойчивость к вирусным инфекциям. Сыворотка содержит в своем составе лактаты, которые лучше, чем лактоза, усваиваются организмом и обладают бактерицидными и бактериостатическими свойствами.

Использование СМГ «Биотек» позволяет оптимизировать микробиоценоз желудочно-кишечного тракта, способствует в значительной степени нормализации обменных процессов в организме животных, устраняет пищевую недостаточность большинства происхождений, ускоряет клиническое выздоровление больных и ослабленных животных, повышает аппетит, обладает выраженным противовоспалительным и гепатопротекторным эффектами. Повышает содержание аминного азота, общего белка и альбуминов, снижает уровень свободного оксипролина в плазме крови, повышает количество эритроцитов, гемоглобина. Обладает гипогликемическими и противоанемическими свойствами. Повышает бактерицидные свойства крови. Обладает глистогонным действием в отношении круглых червей, восстанавливает и поддерживает гормональный и иммунологический статус, повышает общую резистентность животных, стимулирует их рост и развитие.

При производстве комбикормов для птиц (курицы-бройлеры, несушки и утки-бройлеры) препарат вводят в количестве 1 % к массе корма; для свиней, рыб, пушных зверей, лошадей — 2 %; КРС и овец — 3 %. Свойства «Биотек» исследованы и рекомендованы к применению ведущими ВНИИ страны: ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» и др.

Сотрудниками СевКавГТУ разработана кормовая добавка из молочной сыворотки, обогащенной кальцием, в основе технологии которой лежит обогащение сгущенной сыворотки яичной скорлупой как источником кальция [13]. В процессе технологической обработки в продукте образуется лактат кальция при взаимодействии кальция и молочной кислоты. Кормовая добавка обладает пластичной консистенцией, удобна при транспортировке и хранении. Технологический процесс получения кормовой добавки включает следующие операции: приемка молочной сыворотки, выделение жира и казеиновой пыли, сгущение до массовой доли сухих веществ 60 % и обогащение органическим кальцием. Данный продукт можно отнести к группе продуктов с промежуточной влажностью, показатель активности воды находится на уровне 0,75–0,65, и он практически не подвержен микробиологической порче. Возможное развитие осмофильных дрожжей предотвращается путем внесения солей бензойной кислоты в качестве консерванта, что значительно увеличивает срок хранения продукта.

Лактат кальция лучше других кальциевых солей органических кислот растворяется в воде и не раздражает слизистую оболочку желудка — его раствор имеет нейтральную реакцию. Добавление лактата кальция в корм позволяет активизировать ряд ферментов, способствующих повышению усвояемости кормов, поддерживать кальциевый пул в биологических жидкостях в требуемых границах. Продукт может быть использован в качестве самостоятельной кормовой единицы, вводится в состав рациона животных, а так же смешиваться с отходами

зернопроизводства, травой и другим сельскохозяйственным сырьем, подвергаться дальнейшей переработке с применением шнековых экструдеров непосредственно на фермах, что значительно расширяет спектр применения кормовой добавки.

В условиях резкого сокращения выработки заменителей цельного молока и стартерных комбикормов для молодняка сельскохозяйственных животных, связанной с уменьшением объемов производства и промышленной переработки молока, особую актуальность приобретает разработка стойкой в хранении, удобной в транспортировке и применении независимо от сезона года углеводно-минеральной кормовой добавки на основе соленой подсырной сыворотки, которую вырабатывают двух видов:

- углеводно-минеральная кормовая добавка «УМКД»;
- углеводно-минеральная кормовая добавка с комплексом макро- и микроэлементов «УМКД-М» [14].

При разработке ее рецептов в качестве основного сырья использовали сборную (соленую и сладкую) подсырную сыворотку, так как поваренная соль широко применяется в животноводстве для балансирования кормовых рационов, а также служит ингибитором роста плесени. Кроме того, животные охотнее поедают корма, содержащие в своем составе поваренную соль. В качестве наполнителя использовали пшеничные отруби, являющиеся источником крахмала, растительного протеина, клетчатки, калия и фосфора.

Установлены оптимальные режимы сгущения сборной (смесь сладкой и соленой) подсырной сыворотки, содержащей до 0,5% поваренной соли, и кристаллизации лактозы. Состав композиционной смеси: 75% сухих веществ сгущенной подсырной сыворотки и 25% сухих веществ пшеничных отрубей. Кормовые добавки применяют в животноводстве не только как источник питательных веществ, но и для коррекции рационов по недостающим макро- и микроэлементам. Поэтому в рецептуру разработанной кормовой добавки входят соли кальция, фосфора, серы, меди, цинка, кобальта и йода в оптимальном наборе и дозах, рекомендованных Ярославским НИИ животноводства и кормопроизводства.

Показатели качества и кормовая ценность углеводно-минеральной кормовой добавки приведены в табл. 20.5.

Таблица 20.5. Показатели качества и кормовая ценность углеводно-минеральной кормовой добавки

Показатели	Норма	
	УМКД	УМКД-М
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	75–80	75–80
в том числе:		
лактозы	48,5–50	40–42
белка	11–13	8–10
жира	1,5–2,0	1,3–1,4
Минеральные вещества, %	9,0–9,3	21,6–21,8
в том числе хлористый натрий	4,5–5,0	4,0–4,4
Органические кислоты, %	2,0–2,2	1,6–1,7
Клетчатка, %	3,0–3,5	2,5–3,1
Энергетическая ценность:		
ккал	239–257	194–210
кДж	1002–1078	812–880
Кормовая ценность, ед.	0,75–0,80	0,60–0,70

Проблемы экологии, ресурсосбережения и утилизации отходов перерабатывающих отраслей АПК в последнее время становятся особенно актуальными. При утилизации побочных продуктов появляется возможность получить достаточно высокого качества продукцию

с приемлемыми затратами на производство и одновременно решить вопросы защиты окружающей среды.

На основе использования вторичного сырья и ополосков во ВНИИ комплексного использования молочного сырья еще в 1990 г. разработана технология кормовой добавки «Кормикс» для молодняка сельскохозяйственных животных [15]. Ополоски — первые смывные воды с технологического оборудования — представляют собой один из видов побочного продукта, который в настоящее время практически не утилизируется. Они содержат 1–4 % сухих веществ, в том числе до 1 % жира и белка.

«Кормикс» готовят с использованием первых ополосков с внутренних поверхностей технологического оборудования и трубопроводов, а также несоленой молочной сыворотки, обезжиренного и альбуминного молока, жиров животного происхождения, минерально-витаминного комплекса, растительных добавок. Допускается замена части сыворотки (до 20 %) концентрированными смывами с технологического оборудования с массовой долей сухих веществ 4 %. Органолептические и физико-химические показатели кормовой добавки «Кормикс» приведены в табл. 20.6.

Таблица 20.6. Органолептические и физико-химические показатели кормовой добавки «Кормикс»

Показатели	Характеристика, норма
Консистенция	Легкотекучая, с хлопьевидным осадком
Цвет	Кремовый
Запах	Специфический, сывороточный, кормовой
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	7
в том числе:	
лактозы	3,8
белка	2,2
жира	2,0
Титруемая кислотность, °Т	30–40

В настоящее время разработана технология кормовой добавки «Кормикс» обогащенный «КДК-О», которая отличается от «Кормикс» тем, что в ее состав добавляется *Lactobacillus acidophilus* 12 В в форме бактериального препарата «Ациста». Кроме того, наряду с выпуском жидкой добавки предусмотрен вариант изготовления в сгущенном виде с массовой долей сухих веществ 25 %.

Включение кормовой добавки «КДК-О» в состав рационов телят и поросят в возрасте от 1 до 3 мес. позволяет поднять продуктивность животных по живой массе на 5–12 %, а по среднесуточному приросту на 9–19 %, при этом снизить затраты кормов на 8–16 %.

С целью экономии и очистки сточных вод концентрированные ополоски с резервуаров из-под молока и кефира, а также автомолцистерн можно перерабатывать на высококачественные белково-жировые кормовые добавки для сельскохозяйственных животных и птицы. Сотрудники Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина предложили технологию изготовления кормовых добавок из концентрированных ополосков оборудования молочной промышленности [16].

Сущность технологии состоит в том, что ополоски с массовой долей сухих веществ 4 % перед внесением в сыворотку перемешивают в течение 2 мин и затем смешивают с творожной сывороткой, прошедшей предварительно тепловую обработку при 95 °С в течение 10 мин в соотношении 1:1. Затем смесь охлаждают до 40 °С и отделяют белок центрифугированием.

Показатели качества ополосков и белковых масс из ополосков и творожной сыворотки приведены в табл. 20.7 и 20.8.

Таблица 20.7. Показатели качества ополосков и белковых масс из ополосков и творожной сыворотки

Показатели	Ополоск		Белковая масса	
	молока	кефира	Ополоск молока + творожная сыворотка	Ополоск кефира + творожная сыворотка
Массовая доля, %				
сухих веществ	4,03	4,15	7,46	7,77
белка	0,95	1,07	1,76	1,66
жира	1,12	1,25	1,56	1,79
влаги	95,97	95,85	92,59	92,23
зола	0,23	0,31	0,46	0,46
безазотистых экстрактивных веществ	1,73	1,51	6,68	3,86
Энергетическая ценность, ккал/кг	153,6	154,4	282,2	296,65
Кормовая ценность, корм. ед./кг	0,075	0,077	0,131	0,139

Таблица 20.8. Аминокислотный состав ополосков и белковых масс из ополосков и творожной сыворотки, в г на 1 кг сухого вещества

Аминокислота	Ополоск		Белковая масса	
	молока	кефира	Ополоск молока + творожная сыворотка	Ополоск кефира + творожная сыворотка
Аспарагин	23,0	23,8	26,7	23,4
Тreonин	12,4	12,8	13,1	11,4
Серин	14,2	15,1	14,8	12,6
Глутамин	54,8	58,7	58,7	48,8
Пролин	32,2	32,2	32,2	19,3
Глицин	5,5	5,3	5,3	4,6
Аланин	9,1	8,9	10,0	8,9
Валин	10,9	11,4	11,4	9,4
Метионин	7,7	7,3	7,7	6,5
Изолейцин	14,4	14,4	15,5	13,6
Лейцин	26,2	27,5	29,6	26,7
Тирозин	15,2	16,2	15,2	13,6
Фенилаланин	15,8	15,8	14,7	13,1
Гистидин	18,1	19,1	18,1	17,7
Лизин	22,1	23,6	28,5	25,6
Аргинин	12,6	14,1	14,8	14,1

Ополоски и белковые массы из ополосков и творожной сыворотки содержат все питательные компоненты молока, сбалансированы по аминокислотному составу, имеют высокую энергетическую и кормовую ценность и могут быть использованы в качестве кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птицы.

Даже краткий перечень кормовых добавок нового поколения, дополняющий информационный файл учебного пособия [17], показывает, какие возможности имеются у молочных предприятий для позиционирования своих интересов в животноводстве.

20.4. Использование производных компонентов молочной сыворотки при получении кормовых добавок с функциональными свойствами

В связи с расширением и углублением знаний о роли бифидобактерий в макроорганизмах, все большее внимание уделяется способам стимулирования их развития путем перорального введения нутриентов или стимуляторов роста, которые влияют на обмен веществ через воздействие на микроэкологию толстой кишки. Поэтому в последние годы большое внимание уделяется производству кормовых добавок, направленных на стимуляцию неспецифического иммунитета, профилактику и лечение смешанных желудочно-кишечных инфекций и расстройств пищеварения, вызванных нарушением микробиоценоза пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных, т. е. кормовых добавок с функциональными свойствами.

Значительный научный и практический интерес представляет проблема получения пребиотических (бифидогенных), бифидоактивных и синбиотических кормовых добавок на основе изомеризованной молочной сыворотки. В процессе изомеризации лактозы в лактулозу готовый продукт приобретает пребиотические свойства, так как лактулоза является общепризнанным бифидус-фактором, способствующем росту бифидобактерий *in vivo*. Лактулоза выполняет двойную функцию: во-первых, она служит источником энергии для бифидобактерий; во-вторых, она сбраживается бифидобактериями до уксусной, молочной и других кислот, что ведет к снижению величины pH внутри кишечника.

Сотрудниками кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского государственного технического университета уже несколько лет проводятся работы по созданию технологий кормовых добавок с лактулозой с функциональными свойствами на основе вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности. Это пищевые и кормовые добавки:

- пребиотические пищевые и кормовые добавки «БИКОДО» (9 видов) и кормовые добавки ГМБ (5 видов);
- бифидоактивные кормовые добавки «БИКОДО+» и «БИКОДО К+»;
- синбиотические пищевые и кормовые добавки «Профилакт-Б» (6 видов).

Технология получения пребиотических кормовых добавок под брендом «БИКОДО» и бифидоактивных кормовых добавок подробно была описана в учебном пособии [17]. Здесь будут представлены только разработки последних лет (с 2005 г.).

Пребиотические кормовые добавки ГМБ. В результате целенаправленных исследований [18] предложена линейка пребиотических концентратов для кормовых целей под брендом «ГМБ». В зависимости от массовой доли сухих веществ и применяемого сырья концентраты выпускаются следующих видов:

- жидкий концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 5 % «ГМБ-Ж»;
- сгущенный концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 20 % «ГМБ-20»;
- сгущенный концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 40 % «ГМБ-40»;
- блочный концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 65 % «ГМБ-Бл»;
- сухие концентраты с массовой долей сухих веществ не менее 95 % из молочной сыворотки («ГМБ-Рс» — распылительной сушки, «ГМБ-Пл» — пленочной сушки).

Технологический процесс производства концентратов ГМБ включает следующие операции: приемка и подготовка сырья; приготовление гидролизата обезжиренного молока; внесение гидролизата; изомеризация сыворотки, обогащенной гидролизатом; нейтрализация кислой сывороткой; сгущение смеси; сушка распылительным или пленочным способом (при производстве сухой кормовой добавки); упаковка, маркировка и хранение.

Органолептические и физико-химические показатели ГМБ приведены в табл. 20.9 и 20.10.

Таблица 20.9. Органолептические показатели концентратов ГМБ

Виды концентратов	Наименование и характеристика показателей		
	Внешний вид и консистенция	Вкус и запах	Цвет
ГМБ-Ж	Однородная жидкость, допускается наличие белкового осадка	Чистый, сывороточный, без посторонних привкусов и запахов	Светло-желтый с зеленоватым оттенком
ГМБ-20	Однородная, слегка вязкая жидкость, допускается наличие осадка кристаллов лактозы	Сладко-солоноватый, слегка кисловатый, без посторонних привкусов и запахов	От светло-желтого до светло-кремового
ГМБ-40	Текучая жидкость, допускается наличие осадка кристаллов лактозы	Сладко-солоноватый, слегка кисловатый, допускается привкус и запаха карамели	От светло-желтого до темно-кремового
ГМБ-Бл	Однородная вязкая пластичная масса, допускается наличие в массе кристаллов лактозы	Сладко-солоноватый, слегка кисловатый, допускается привкус и запаха карамели	От кремового до светло-коричневого
ГМБ-Рс	Сухой мелкораспыленный порошок. Допускается незначительное количество комочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии	Сладко-солоноватый, слегка кисловатый, допускается привкус и запах карамели	От светло-кремового до светло-коричневого
ГМБ-Пл	Сухой порошок из измельченных комочков. Допускается незначительное количество комочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии	Сладко-солоноватый, слегка кисловатый, допускается привкус и запаха карамели	От светло-кремового до светло-коричневого

В зависимости от оснащенности молочного предприятия и потребительских потребностей концентрат может выпускаться как в жидком, так и в сгущенном и сухом виде. Если необходимо получить концентрат с массовой долей сухих веществ 65% (в виде блока), то используются стабилизаторы консистенции: модифицированный крахмал или Na-карбоксиметилцеллюлоза (см. главу 16).

Таблица 20.10. Физико-химические показатели концентратов ГМБ

Показатели	ГМБ-Ж	ГМБ-20	ГМБ-40	ГМБ-Бл	ГМБ-Рс	ГМБ-Рп
Массовая доля сухих веществ, % не менее	5	20	40	65	95	95
в том числе:						
лактозы, %, не менее	1,0	3,0	6,0	8,0	10,0	10,0
белка, %, не менее	1,0	3,8	7,6	10,8	18,6	18,5
зола, %, не более	0,8	2,0	4,0	8,0	20,0	20,0
Плотность, кг/м ³ , не более	1018	1100	1140	1280	—	—
Кислотность активная, pH, не более	7,5	7,5	7,5	7,5	—	—
Кислотность восстановленного концентрата до массовой доли СВ 6,5%, не более	—	—	—	—	20	20
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка, не более	—	—	—	—	1,5	2,5

Разработанная технология позволяет получить линейку концентратов с высокой питательной и биологической ценностью. Это объясняется повышенным содержанием в концентратах лактулозы и лактозы, которые являются бифидогенными факторами и жизненно необходимым элементом — кальцием, который вносится в состав сыворотки в процессе изомеризации лактозы в лактулозу.

Внесение гидролизата обезжиренного молока также повышает питательную и биологическую ценность концентратов. Обогащение концентрата ГМБ гидролизованными белками молока способствует повышению бифидогенности концентратов, поскольку бифидобактерии хорошо усваивают свободные аминокислоты и олигопептиды.

Научно-хозяйственные испытания (в течение 60 дней) концентратов «ГМБ-Ж» и «ГМБ-20» проводились на поголовье телят-молочников, поросят — отъемышей и в составе заменителя овечьего молока.

Использование концентратов «ГМБ» в рационах телят-молочников. Суточный рацион кормления телят-молочников должен состоять: сено злаково-бобовое, комбикорм, ЗЦМ, силос кукурузный. Дополнительное включение концентратов «ГМБ» в количестве 280 г в сутки в рацион телят-молочников с 20–30-дневного возраста позволяет за 60 дней получить дополнительно на 1 голову 6,9 кг прироста живой массы, уменьшить падеж на 9,1 %, снизить затраты кормов на 1 кг продукции на 12,7 %.

Использование концентратов «ГМБ» в составе комбикормов поросят-отъемышей. Концентрат влияет на прирост живой массы поросят за счет улучшения процессов пищеварения и усвоения кормов. Включение ГМБ в количестве 5 % в состав рациона молодняка свиней 2–4-месячного возраста оказывает положительное влияние на продуктивность животных и их физиологическое состояние — нормализует кишечную микрофлору и деятельность желудочно-кишечного тракта животных в целом.

Использование концентрата «ГМБ» в составе заменителей овечьего молока. Единственным кормом для рано отнятых ягнят в первый месяц жизни является ЗОМ, от качества которого зависит здоровье и продуктивность ягнят. Выпаивание ЗОМ ягням с включением 10 % концентрата «ГМБ» способствует более полному усвоению питательных веществ кормов, повышению продуктивности, сохранности, а также уменьшению затрат кормов на единицу продукции.

Таким образом, научно-хозяйственные испытания на сельскохозяйственных животных позволяют сделать заключение, что высокие функциональные и органолептические показатели, питательная и биологическая ценность концентратов обуславливают перспективность их использования в качестве кормовых добавок с функциональными свойствами.

Синбиотические кормовые добавки «Профилакт-Б». В соответствии с концепцией получения кормовых средств функционального назначения [17,19] из вторичных сырьевых ресурсов молочного дела разработана [20] линейка продуктов с брендом «Профилакт-Б».

В основе технологии получения концентратов «Профилакт-Б» лежит процесс культивирования бифидобактерий на основе подсырной сыворотки, обогащенной лактулозой и белковыми гидролизатами животного (гидролизат обезжиренного молока — ГОМ) или растительного (гидролизат соевого молока — ГСМ) происхождения. Процесс обогащения подсырной сыворотки можно проводить как щелочным способом (в присутствии гидроксида кальция), так в процессе электроактивации сыворотки. Для определения технологических параметров процесса была проведена серия исследований.

Введение белковых гидролизатов приводит к изменению буферных свойств подсырной сыворотки. Для проведения процесса изомеризации лактозы в лактулозу необходимо, чтобы значения pH сыворотки были в пределах ($11,0 \pm 0,5$), поэтому на первом этапе исследований необходимо было определить, какое количество щелочного агента в виде гидроксида кальция необходимо внести, чтобы достичь требуемого уровня pH. Установлено, что для достижения

указанного значения рН среды, необходимо внести в сыворотку, обогащенную ГОМ, гидроксид кальция в количестве $0,9 \pm 1,1\%$, а в сыворотку, обогащенную ГСМ, $0,4 \pm 0,6\%$.

Изучено влияние технологических параметров на процесс изомеризации лактозы в лактулозу: температуры (60, 70, 80 и 90 °С), времени выдержки при температуре изомеризации (10–60 мин, с шагом 10 мин) и количества вносимого ГОМ и ГСМ (2,5, 5,0, 7,5 и 10 %). Максимальная степень изомеризации достигается при проведении технологического процесса при следующих режимах: температура 80 °С, доза ГОМ и ГСМ 7,5 %, продолжительность при обогащении ГОМ – 20 мин, при обогащении ГОМ – 30 мин (рис. 20.2 и 20.3).

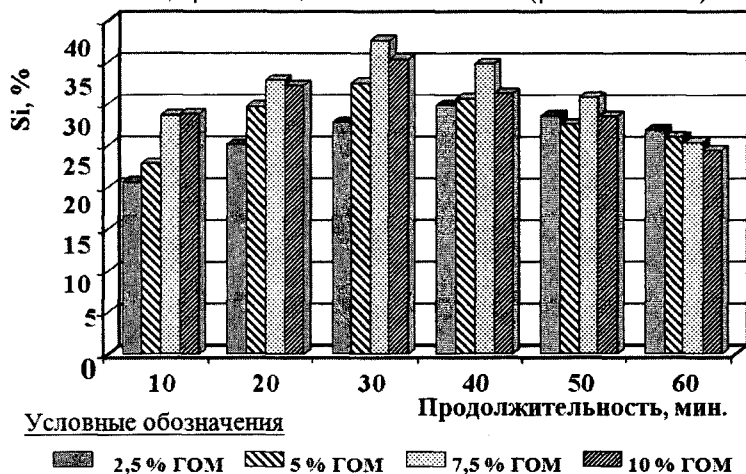


Рис. 20.2. Влияние количества ГОМ на степень изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке при 80 °С

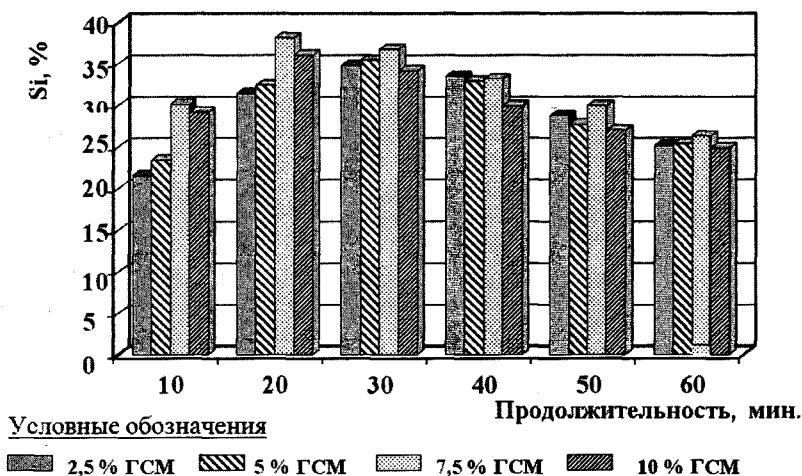


Рис. 20.3. Влияние количества ГСМ на степень изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке при 80 °С

С увеличением концентрации белкового гидролизата от 2,5% до 7,5% наблюдается постепенное повышение степени изомеризации, за счет того, что процесс трансформации лактозы в лактулозу проходит сразу по двум направлениям: LA-трансформация и перегруппировка Амадори. Увеличение концентрации ГОМ и ГСМ более 7,5% не целесообразно, так как увеличение массовой доли белкового гидролизата в составе сыворотки приводит к повышению цветности готового продукта и снижению степени изомеризации за счет образования продуктов побочных реакций (меланоидинов).

Для разработки математической модели и оптимизации процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной ГОМ или ГСМ, были построены сечения поверхностей отклика степени изомеризации на плоскость X_1 (концентрации ГОМ или ГСМ) и X_2 (продолжительность процесса изомеризации) с использованием программы *Stat Soft Statistica 6* (рис. 20.4 и 20.5).

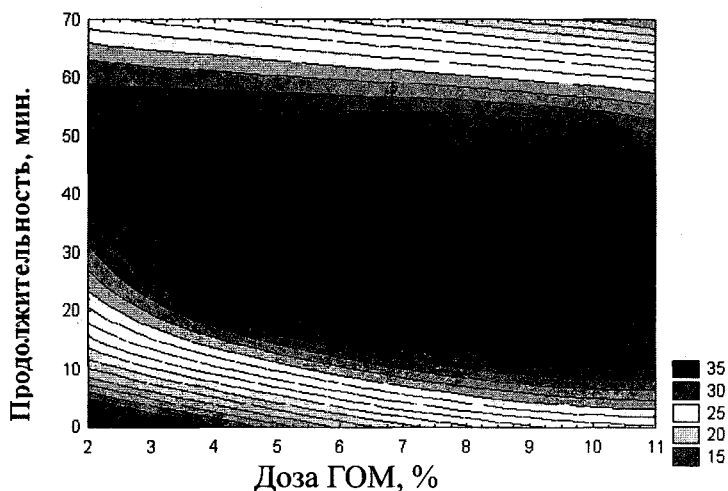


Рис. 20.4. Сечение поверхности отклика выходного параметра Y_1

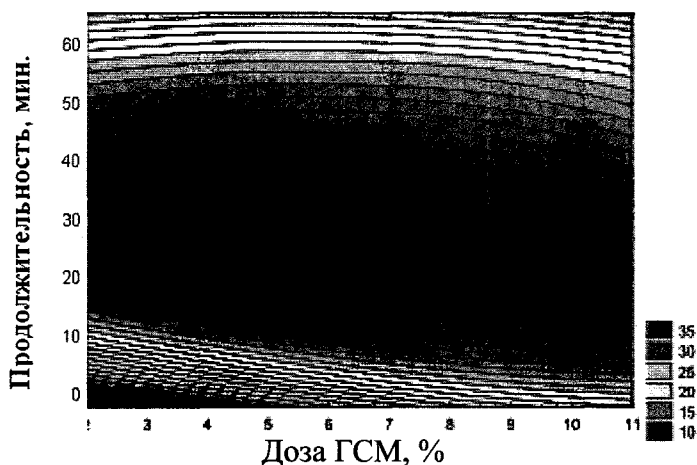


Рис. 20.5. Сечение поверхности отклика выходного параметра Y_2

Получены уравнения регрессии, позволяющие дать математическое описание данного технологического процесса при температуре изомеризации 80 °С. Уравнение регрессии, описывающее процесс изомеризации при обогащении сыворотки ГОМ представляет собой полином второго порядка и имеет вид:

$$Y_1 = 4,1268 + 3,3235X_1 + 0,9868X_2 - 0,1314X_1^2 - 0,0317X_1X_2 - 0,0114X_2^2, \quad (20.1)$$

где: Y_1 — степень изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной ГОМ, %;

X_1 — доза внесенного ГОМ, %;

X_2 — продолжительность процесса изомеризации, мин.

Уравнение регрессии, описывающее процесс изомеризации при обогащении сыворотки ГСМ представляет собой полином второго порядка и имеет вид:

$$Y_2 = 9,8706 + 2,4193 X_1 + 1,0359X_2 - 0,1028X_1^2 - 0,0256X_1X_2 - 0,0135X_2^2, \quad (20.2)$$

где: Y_2 — степень изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной ГСМ, %;

X_1 — концентрация ГСМ, %;

X_2 — продолжительность процесса изомеризации, мин.

Анализ сечений поверхностей отклика выходных параметров Y_1 и Y_2 (рис. 20.6 и 20.7) позволил определить области оптимума (табл. 20.11).

Таблица 20.11. Оптимальные параметры процесса при щелочной изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной белковым гидролизатом

Вид гидролизата	Концентрация гидролизата, %	Продолжительность процесса,
		мин
Гидролизат обезжиренного молока	$8,1 \pm 1,6$	31 ± 5
Гидролизат соснового молока	$7,6 \pm 2,2$	27 ± 5

На следующем этапе было проведено изучение влияния времени электроактивации на процесс изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной ГОМ и ГСМ. Режимы электроактивации: сила тока 0,5 А, напряжение 3,5 В. Графическая зависимость влияния времени электроактивации на степень изомеризации лактозы в лактулозу и оптическую плотность подсырной сыворотки, обогащенной белковым гидролизатом (БГ) в виде ГОМ или ГСМ, представлена на рис. 20.6.

Технологические режимы процесса изомеризации лактозы в лактулозу, позволяющие получить максимальные значения степени изомеризации, при электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной ГОМ: продолжительность электроактивации 15 мин, концентрация ГОМ 5,0 %; а при электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной ГСМ: продолжительность электроактивации 10 мин, концентрация ГСМ 7,5 %. При этом степень изомеризации составляет 28,85 % (при обогащении сыворотки ГОМ) и 27,76 % (при обогащении сыворотки ГСМ), а pH в катодной камере электроактиватора достигает значений 11,12 ед. и 11,07 соответственно.

Чтобы увеличить степень изомеризации лактозы в лактулозу в процессе электроактивации, в катодную камеру вносили карбамид в количестве 1, 2 и 3 %. На рис. 20.7 показано влияние карбамида на процесс изомеризации при электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной белковым гидролизатом, на примере гидролизата обезжиренного молока.

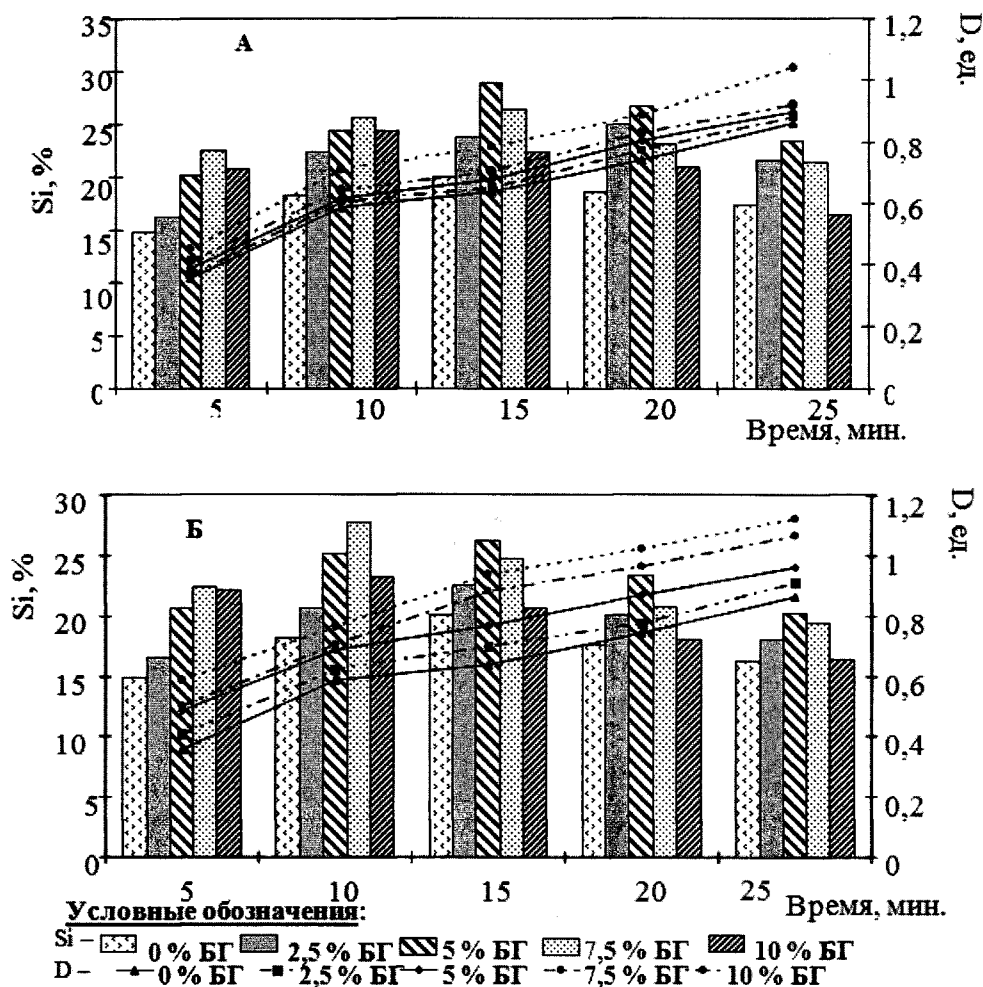


Рис. 20.6. Влияние времени электроактивации на степень изомеризации лактозы в лактулозу (S) и оптическую плотность (D) в: А — подсырной сыворотке, обогащенной ГОМ; Б — подсырной сыворотке, обогащенной ГСМ

Внесение карбамида в процессе электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной ГОМ или ГСМ, позволило увеличить степень изомеризации в 1,2 раза. При этом максимальная степень изомеризации достигается при внесении 2% карбамида, 5% ГОМ или ГСМ, продолжительности обработки 15 мин (при внесении ГОМ) и 10 мин (при внесении ГСМ) и составляет для подсырной сыворотки, обогащенной ГОМ — 34,63% и 32,61% при обогащении ГСМ.

Математическая обработка экспериментальных данных с использованием программы *Stat Soft Statistica 6* позволила разработать математическую модель процесса изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной ГОМ или ГСМ, при электроакти-

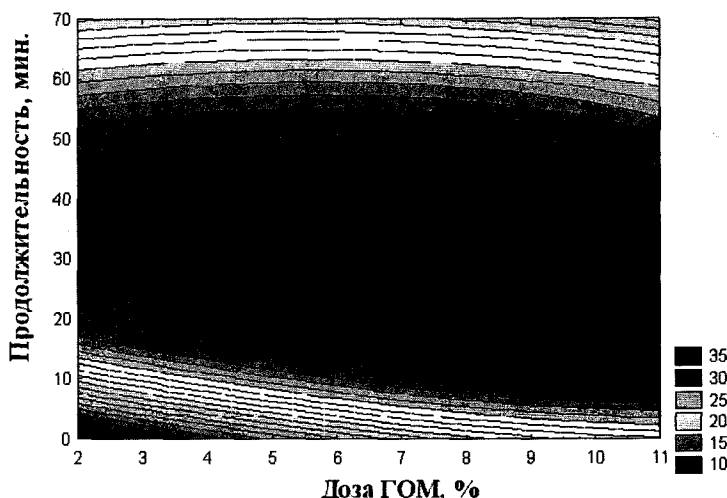


Рис. 20.7. Влияние карбамида на степень изомеризации лактозы в лактулозу в подсырной сыворотке, обогащенной ГОМ при электроактивации в течение 15 мин.

вации. Уравнение регрессии, описывающее процесс изомеризации лактозы в лактулозу при электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной ГОМ и карбамидом, представляет собой полином второго порядка и имеет вид:

$$Y_3 = 18,5979 + 3,9291X_1 + 5,6494X_2 - 0,3852X_1^2 - 0,5003X_1X_2 - 0,9962X_2^2, \quad (20.3)$$

где: Y_3 — степень изомеризации лактозы в лактулозу, %;

X_1 — доза внесенного ГОМ, %;

X_2 — доза внесенного карбамида, %.

Уравнение регрессии, описывающее процесс изомеризации лактозы в лактулозу при электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной ГСМ и карбамидом, представляет собой полином второго порядка и имеет вид:

$$Y_4 = 16,0788 + 3,251X_1 + 4,1595X_2 - 0,2434X_1^2 - 0,3377X_1X_2 - 0,5687X_2^2, \quad (20.4)$$

где: Y_4 — степень изомеризации лактозы в лактулозу, %;

X_1 — доза внесенного ГСМ, %;

X_2 — доза внесенного карбамида, %.

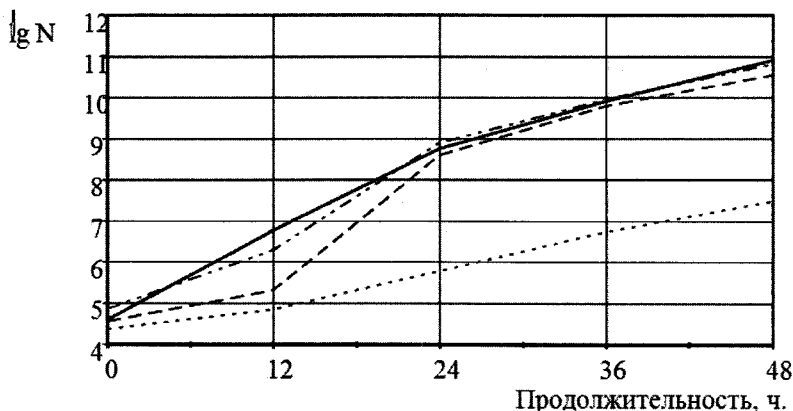
При анализе сечений поверхностей отклика выходных параметров Y_3 и Y_4 были определены области оптимума (табл. 20.12).

Таблица 20.12. Оптимальные параметры процесса изомеризации при электроактивации подсырной сыворотки, обогащенной белковым гидролизатом

Вид гидролизата	Концентрация гидролизата %	Концентрация карбамида %	Продолжительность процесса, мин
Гидролизат обезжиренного молока	$4,7 \pm 0,5$	$1,9 \pm 0,5$	15 ± 1
Гидролизат соевого молока	$5,2 \pm 0,6$	$1,9 \pm 0,5$	10 ± 1

Проведенные исследования позволили установить оптимальные технологические параметры процесса изомеризации лактозы в лактулозу при проведении альтернативных способов изомеризации лактозы в подсырной сыворотке, обогащенной белковыми гидролизатами.

Результаты исследований процесса культивирования бифидобактерий (*B. bifidum* 1) в подсырной сыворотке, обогащенной лактулозой и ГОМ или ГСМ представлены на рис. 20.8.



Условные обозначения

- N – количество бифидобактерий;
- Подсырная сыворотка, обогащенная ГОМ (контроль);
- Подсырная сыворотка, обогащенная лактулозой и ГОМ (щелочной способ изомеризации);
- - - - Электроактивированная сыворотка, обогащенная ГОМ (безреагентный способ изомеризации);
- . . . Электроактивированная сыворотка, обогащенная ГОМ и карбамидом (безреагентный способ изомеризации)

Рис. 20.8. Влияние способа изомеризации на рост бифидобактерий в подсырной сыворотке, обогащенной лактулозой и гидролизатом обезжиренного молока

Процесс изомеризации лактозы в лактулозу проводился при оптимальных технологических режимах, установленных для каждого способа изомеризации и вида белкового гидролизата. Было установлено, что способ изомеризации лактозы в лактулозу существенного влияния на рост бифидобактерий не оказывает. При использовании всех рассматриваемых способов изомеризации количество бифидобактерий через 48 ч культивирования при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ изменяется в пределах одного порядка 10^{10} КОЕ/см³.

Колонии бифидобактерий на среде ГМК-1 четко выражены, в виде «комет» с удлинённым шлейфом. При микроскопировании фиксированных препаратов, приготовленных из выросших колоний, просматривались клетки типичной для бифидобактерий морфологии: Y-образные, булабовидные, гранулярные формы, с утолщениями на концах.

На следующем этапе изучалось влияние источника азотистого питания на рост бифидобактерий (табл. 20.13).

Таблица 20.13. Влияние вида белкового гидролизата на рост бифидобактерий

Вид сыворотки	Увеличение титруемой кислотности за 48 ч, °Т	Количество бифидобактерий через 48 ч культивирования	
		КОЕ/см ³	lg N
Подсырная сыворотка, обогащенная лактулозой (контроль)	44	$4,7 \cdot 10^9$	10,28
Подсырная сыворотка, обогащенная лактулозой и ГОМ	64	$1,2 \cdot 10^{11}$	11,06
Подсырная сыворотка, обогащенная лактулозой и ГСМ	62	$4,3 \cdot 10^{10}$	10,50

Данные эксперимента показывают, что внесение в состав подсырной сыворотки, обогащенной лактулозой, белковых гидролизатов ГОМ и ГСМ дает рост бифидобактерий за 48 ч культивирования $1,8 \cdot 10^{11}$ КОЕ/см³ и $6,5 \cdot 10^{10}$ КОЕ/см³ соответственно. Таким образом, рост на среде, обогащенной ГОМ выше на 1 порядок, но как при обогащении ГОМ, так и обогащении ГСМ рост бифидобактерий достигает высоких значений.

Анализ проведенных исследований позволил сделать вывод о том, что при разработке технологий синбиотических концентратов можно использовать как гидролизат обезжиренного молока, так и гидролизат соевого молока, соблюдая установленные технологические режимы процессов изомеризации лактозы в лактулозу и культивирования бифидобактерий.

Синбиотический концентрат целесообразно вырабатывать с массовой долей сухих веществ 5%, 20% и в сухом виде. Концентрация сухих веществ в сгущенном концентрате не берется выше 20–25%, т. к. предварительно проведенные экспериментальные исследования показали, что при дальнейшем увеличении массовой доли сухих веществ в молочной сыворотке прослеживается динамика снижения роста бифидобактерий за счет повышения осмотического давления питательной среды (табл. 20.14).

Таблица 20.14. Влияние массовой доли сухих веществ подсырной сыворотки на рост биомассы бифидобактерий

Образцы	Количество клеток бифидобактерий, в КОЕ/см ³ в процессе культивирования		
	в начале	через 24 ч	через 48 ч
Синбиотический концентрат с массовой долей СВ 5%	$12 \cdot 10^4$	$23 \cdot 10^9$	$23 \cdot 10^{10}$
Синбиотический концентрат с массовой долей СВ 10%	$9 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^9$	$18 \cdot 10^{10}$
Синбиотический концентрат с массовой долей СВ 15%	$14 \cdot 10^4$	$25 \cdot 10^9$	$21 \cdot 10^{10}$
Синбиотический концентрат с массовой долей СВ 20%	$11 \cdot 10^4$	$16 \cdot 10^9$	$9 \cdot 10^{10}$
Синбиотический концентрат с массовой долей СВ 25%	$13 \cdot 10^4$	$13 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^8$
Синбиотический концентрат с массовой долей СВ 30%	$10 \cdot 10^4$	$12 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^7$

На основе анализа известных способов производства обогащенных и пробиотических продуктов из вторичного молочного сырья и проведенных экспериментальных исследований, разработан технологический процесс производства синбиотических концентратов.

Для производства концентрата можно использовать все виды натуральной молочной сыворотки, так как технологический процесс предусматривает регулирование pH сыворотки до значений 10,0–11,0 гидроксидом кальция в процессе изомеризации с последующей нейтрализацией до значений pH 6,5–7,0 раствором лимонной кислоты. Активная кислотность

среды должна находиться в указанных пределах, поскольку при этих значениях максимально сохраняются все ценные свойства белковой и минеральной фракции исходного сырья.

Технологический процесс производства состоит из следующих операций: приемка и оценка качества молочной сыворотки, очистка от казеиновой пыли и жира, внесение гидролизата обезжиренного молока, изомеризация обогащенной молочной сыворотки, подсушивание, нейтрализация, внесение закваски, ферментация, сушка, упаковка, хранение.

Процесс изомеризации лактозы в лактулозу можно проводить как в присутствии щелочного агента, так и в процессе электроактивации молочной сыворотки, обогащенной белковым гидролизатом, в катодной камере, где создается необходимое значение pH среды.

Молочную сыворотку подвергают очистке от казеиновой пыли, так как бифидобактерии не обладают казеолитической активностью, не могут утилизировать этот белок. Изомеризацию лактозы в лактулозу производят в емкости из нержавеющей стали, оснащенной рубашкой и мешалкой по следующей схеме: гидроксид кальция растворяют в небольшом объеме сыворотки и фильтруют для отделения крупных нерастворимых частиц щелочи. Приготовленный раствор вносят в нагретую до $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ сыворотку с целью доведения pH до $(10,5 \pm 0,5)$. Полученную смесь термостатируют при постоянном перемешивании в течение (25 ± 5) мин.

Повышение температуры и выдержки выше указанных значений может привести к массовой коагуляции сывороточных белков, образованию нерастворимого осадка, который отлагается на греющей поверхности аппаратов, снижая интенсивность теплопередачи и ухудшая санитарное состояние оборудования. Повышение температуры изомеризации и времени выдержки также может привести к снижению выхода лактулозы за счет того, что в щелочных растворах лактоза неустойчива, быстро распадается, окисляется до сахариновых кислот. Щелочной распад лактозы носит энольный характер и его скорость прямо пропорциональна температуре. Сахариновые кислоты к тому же снижают активную кислотность реакционной среды, что также может снизить интенсивность процесса изомеризации.

Затем сыворотку направляют на подсушивание до содержания сухих веществ 25–30 %. Указанные пределы подсушивания объясняются тем, что при **более высоких концентрациях осмотическое давление среды подавляет рост культивируемой микрофлоры**. Подсушенная молочная сыворотка, обогащенная лактулозой и гидролизатом обезжиренного молока, нейтрализуется лимонной кислотой до pH 6,5–6,8 и охлаждается до температуры культивирования бифидобактерий $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. В охлажденную и нейтрализованную сыворотку вносят закваску бифидобактерий. Ферментацию проводят при $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 18–20 ч. В конце процесса ферментации количество бифидобактерий в среде составляет 10^9 – 10^{10} КОЕ/см³.

Сушку продукта осуществляют на распылительных сушилках. При сушке необходимо соблюдать следующие температурные режимы: температура воздуха на входе в сушильную камеру $(175 \pm 5)^\circ\text{C}$, температура воздуха на выходе из камеры — $(65 \pm 5)^\circ\text{C}$.

В зависимости от массовой доли сухих веществ и применяемого сырья концентраты выпускаются следующих видов:

- жидкий концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 5 % «Профилактик-Бм-5» с гидролизатом обезжиренного молока;
- жидкий концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 5 % «Профилактик-Бс-5» с гидролизатом соевого молока;
- сгущенный концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 20 % «Профилактик-Бм-20» с гидролизатом обезжиренного молока;
- сгущенный концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 20 % «Профилактик-Бс-20» с гидролизатом соевого молока;
- сухой концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 95 % «Профилактик-Бм» с гидролизатом обезжиренного молока;
- сухой концентрат с массовой долей сухих веществ не менее 95 % «Профилактик-Бс» с гидролизатом соевого молока.

Принципиальная схема производства «Профилакт-Б» представлена на рис. 20.9.

Блок-схема алгоритма включает 17 операций с простыми и сложными биотехнологическими процессами превращения сырья в готовый продукт на двух и трех уровнях регулирования, с оптимизацией параметров.

Аппаратурно-процессовая (технологическая) схема производства синбиотического концентрата «Профилакт-Б» на основе подсырной сыворотки приведена на рис. 20.10.

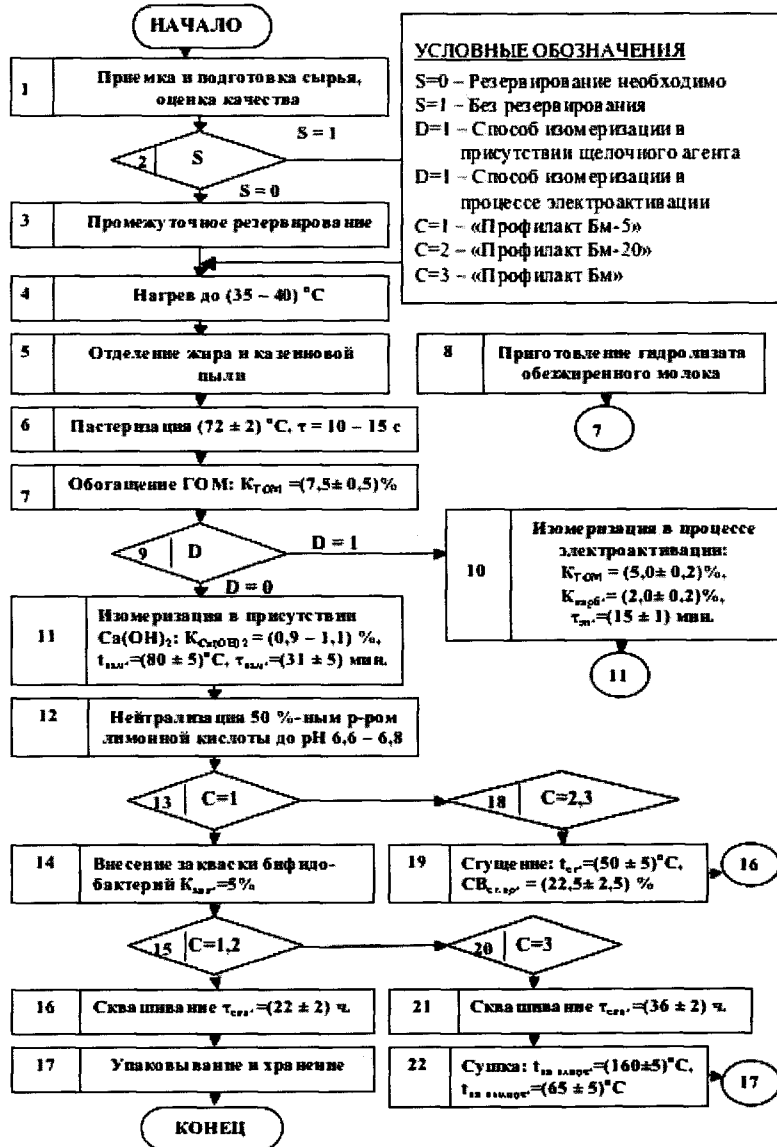


Рис. 20.9. Блок-схема алгоритма производства синбиотического концентрата на подсырной сыворотке, обогащенной лактулозой и гидролизатом обезжиренного молока

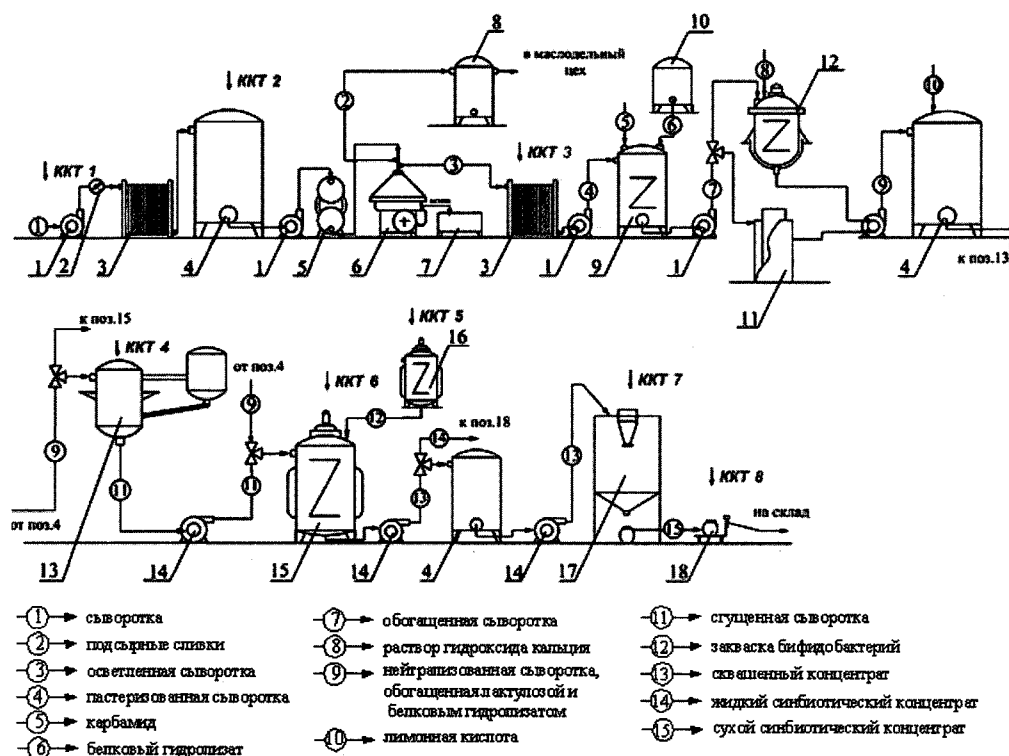


Рис. 20.10. Аппаратно-процессовая схема производства синбиотического концентрата на основе подсырной сыворотки 1 — центробежный насос; 2 — счетчик; 3 — пастеризационно-охладительная установка; 4 — резервуар для сбора сыворотки; 5 — трубчатый подогреватель; 6 — сепаратор; 7 — емкость для казеина; 8 — резервуар для сбора подсырных сливок; 9 — емкость, оснащенная рубашкой и мешалкой; 10 — резервуар с белковым гидролизатом; 11 — электроактиватор; 12 — реактор для проведения процесса изомеризации; 13 — вакуум-выпарная установка; 14 — роторный насос; 15 — реактор; 16 — инокулятор; 17 — распылительная сушилка.

Технологическая схема с показом аппаратного оформления процессов и критическими контрольными точками (восемь наименований) позволяет на современном уровне организовать получение линейки синбиотических концентратов кормового (возможно и пищевого назначения) на основе молочной сыворотки.

Органолептические показатели линейки «Профилактик-Б» приведены в табл. 20.15.

Таблица 20.15. Органолептические показатели концентратов «Профилакт-Б»

Виды концентратов	Наименование и характеристика показателей		
	Внешний вид и консистенция	Вкус и запах	Цвет
Профилакт –Бм-5 Профилакт –Бс-5	Однородная жидкость, допускается наличие белкового осадка	Чистый, сыровоточный, без посторонних привкусов и запахов	От светло-кремового до бежевого
Профилакт –Бм-20 Профилакт –Бс-20	Однородная, слегка вязкая жидкость, допускается наличие белкового осадка	Сладко-солоноватый слегка кисловатый, без посторонних привкусов и запахов	От светло-желтого до светло-кремового
Профилакт –Бм Профилакт –Бс	Сухой мелкораспыленный порошок, допускается незначительное количество плотных комочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии.	Сладко-солоноватый слегка кисловатый, без посторонних привкусов и запахов	От бежевого до светло-коричневого

Все виды продукта имеют необходимые показатели от жидкости, готовой для употребления, до легко растворимого концентрата. Сенсорика (вкус и запах), а так же цвет соответствуют обычным молочным продуктам. Физико-химические и микробиологические показатели линейки «Профилакт-Б» приведены в табл. 20.16.

Таблица 20.16. Физико-химические и микробиологические показатели концентратов «Профилакт-Б»

Наименование показателя	Норма для концентратов					
	«Профилакт Бм-5»	«Профилакт Бс-5»	«Профилакт Бм-20»	«Профилакт Бс-20»	«Профилакт -Бм»	«Профилакт Бс»
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	5	5	20	20	95	95
в том числе: лактулозы, %, не менее	1,0	1,0	3,0	3,0	10,0	10,0
белка, %, не менее	1,0	1,0	2,0	2,0	17	16
зола, %, не более	0,8	0,8	3,5	3,5	18,0	17,0
Кислотность активная, рН, не более	6,8	6,8	—	—	—	—
Кислотность восстановленного продукта до массовой доли сухих веществ 6,5%, не более	—	—	6,8	6,8	6,8	6,8
Индекс растворимости, см. куб. сырого осадка, не более	—	—	—	—	0,4	0,4
Плотность, кг/м ³	1018	1018	1020	1020	—	—
КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^9$
Содержание бифидобактерий, КОЕ в 1 г, не менее	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^8$
БГКП (колиформы) в 0,1 г продукта	Не допускаются					
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25,0 г	Не допускаются					
<i>S. aureus</i> в 1,0 г продукта	Не допускаются					
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50					
Плесени, КОЕ/г, не более	100					

Анализируя приведенные данные, можно отметить высокие показатели по физике и химии, при минимальной бактериальной обсемененности посторонней микрофлорой. В то же время содержание бифидобактерий достигает уровня современных пробиотиков.

Научно-хозяйственные испытания по практическому применению разработанных синбиотиков проводились сотрудниками лаборатории технологии приготовления кормов и кормления сельскохозяйственных животных Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства (СтНИИЖИК). Результаты научно-хозяйственного опыта представлены в сводном виде в табл. 20.17 и изображены на рис. 20.11.

Таблица 20.17. Состав рациона молодняка сельскохозяйственных животных (относительно контрольной группы)

Показатель	Значение
Уровень желудочно-кишечных заболеваний, %	0 (в контрольной группе от 13,3 до 29,4)
Содержаний в кишечнике <i>E. coli</i> , <i>Proteus</i> , <i>Citrobacter</i>	Меньше на 30 %, чем в контрольной группе
Уровень естественной резистентности (по показателям содержания гемоглобина, гамма-глобулинов, лизоцимной активности сыворотки крови)	Повышение на 12 %
Затраты кормов	Ниже на 8,3–10,2 %
Среднесуточный прирост	Выше на 6,8–16,2 %

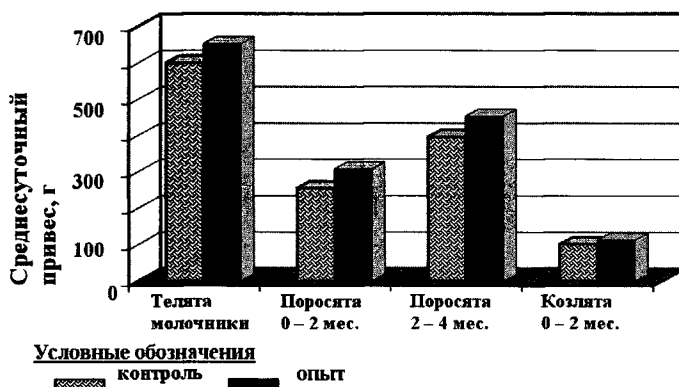


Рис. 20.11. Влияние синбиотического концентрата «Профилактик-Бм» на среднесуточный привес молодняка сельскохозяйственных животных

Результаты испытания, проводимые на молодняке сельскохозяйственных животных, показали, что при внесении в состав рациона сухого синбиотического концентрата «Профилактик-Бм» повышался привес живой массы, улучшались биохимические показатели состава крови. Кроме того, в опытных группах заболеваемости желудочно-кишечными заболеваниями не наблюдалось, в отличие от контрольных групп, которые получали тот же рацион, но без «Профилактик-Бм».

Биоуглеводный концентрат с лактулозой «Лазет-Вита». Ярославская государственная испытательная лаборатория молочного сырья и продукции (Г. Б. Гаврилов) совместно с ООО «Шехонь-Лактулоза» разработали и наладили выпуск биоуглеводного концентрата с лактулозой «Лазет-Вита» [21]. Проверка эффективности использования этой профилактической кормовой добавки в ОПХ «Григорьевское» Ярославского района показала, что выпаивание

телятам 1–5-суточного возраста по 30 мл биоуглеводного концентрата с лактулозой в сутки в дополнение к основному рациону положительно влияло на здоровье телят и приросты живой массы в период молочного выращивания. Включение в рацион телят-молочников профилактической кормовой добавки оказало положительное влияние на присутствие бифидофлоры в кишечнике телят: содержание бифидобактерий в фекалиях опытных телят было в 100 раз больше, чем в контрольной группе.

Проводилось также изучение влияния кормовой добавки «Лазет-Вита» на продуктивность цыплят-бройлеров. «Лазет-Вита» вводили в состав рациона по схеме (табл. 20.18).

Таблица 20.18. Схема эксперимента по оценке продуктивности цыплят-бройлеров

Группа	Режим и дозы кормления кормовой добавки «Лазет-Вита»
1 (контрольная)	Полнорационный комбикорм (ПК) без кормовой добавки
2 (опытная)	ПК и 3,8 г КД на голову в возрасте 1–7 дней с водой
3 (опытная)	ПК и 0,108 г КД на голову в возрасте 1–7 дней с водой
4 (опытная)	ПК и 6,325 г КД на голову в возрасте 1–40 дней с кормом

Введение в ЗЦМ пребиотиков позволяет стимулировать размножение бифидобактерий, активизировать иммунную систему, повысить резистентность организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды и к кишечным заболеваниям, снизить падеж от желудочно-кишечных инфекций, повысить прирост живой массы молодняка, т.е. практически является не только альтернативой антибиотической терапии, но и обладает лечебно-профилактическим действием.

Основные зоотехнические показатели, полученные в ходе эксперимента, приведены в табл. 20.19.

Таблица 20.19. Основные зоотехнические показатели на бройлерах с использованием кормовой добавки «Лазет-Вита» (в среднем на 1 голову)

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Сохранность поголовья, %	97,1	100,0	100,0	100,0
Живая масса, г:				
- в первые сутки	42	42	42	42
- в двадцать восемь дней	1193±18,2	1219±11,5	1202±15,7	1205±19,3
% к контролю	100,0	102,2	100,8	101,0
- в сорок дней	2041±35,3	2075±23,5	2043±24,5	2099±34,9
% к контролю	100,0	101,7	100,0	102,9
Среднесуточный прирост живой массы, г	50,0	50,8	50,0	51,4
% к контролю	100,0	101,6	100,0	102,8
Потребление корма 1 головой за 40 дней, кг	3,898	3,883	3,862	3,908
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,95	1,91	1,93	1,90
% к контролю	100,0	97,9	99,0	97,4

Использование кормовой добавки «Лазет-Вита» в указанных дозах (табл. 20.18) обеспечило повышение сохранности опытного молодняка на 2,9 % по сравнению с контролем. Выпаивание молодняку добавки с суточного до семидневного возраста в дозе 3,8 г на 1 голову повышает живую массу бройлеров в 28 дней на 2,2 %, а в 40-дневном возрасте — на 1,7 %. Вы-

паивание добавки с 1 по 7 день в дозе 0,108 г на 1 голову повышает живую массу молодняка в 28-дневном возрасте на 0,8%, а в 40-дневном — масса бройлеров была на уровне контроля. Скармливание 6,325 г кормовой добавки на 1 голову за период 1–40 дней с комбикормом способствовало повышению живой массы бройлеров четвертой группы в 28 дней на 1,0%, а в 40-дневном возрасте на 2,9%. При использовании добавки «Лазет-Вита» отмечается тенденция к улучшению конверсии кормов на прирост живой массы. Так, затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы составляли 1,90–1,93 кг и были ниже контроля на 1,0–2,6%. Более низкие затраты корма на прирост отмечены во второй и четвертой опытных группах, получавших повышенные дозы кормовой добавки «Лазет-Вита» в течение 1–7 дней (2 группа) или низкие дозы добавки в течение всего периода выращивания бройлеров (4 группа).

Введение «Лазет-Вита» в комбикорм цыплят-бройлеров повышает активность ферментов, которые обеспечивают лучшее переваривание корма. При использовании добавки с водой в течение 7 дней в дозе 3,8 г на голову (группа 2) и в дозе 6,325 г с кормом за период 1–40 дней выращивания (группа 4) переваримость белка у бройлеров была несколько выше и составила 89,3 и 90,7%. При этом в физиологических опытах наблюдалась тенденция к улучшению использования азота, лизина и метионина организмом цыплят опытных групп. По переваримости жира, доступности кальция и фосфора существенных различий не отмечено.

В целом, изложенный материал свидетельствует о возможности использования вторичных ресурсов молока, в т.ч. молочной сыворотки, в птицеводстве с достижением пребиотического эффекта.

20.5. Возможности использования компонентов молочной сыворотки для кормления домашних животных

Настоящий материал включен в монографию исключительно для информации, на основе изучения докладов Международной конференции по молочной сыворотке (2005 г.). В основном это опыт США, так как индустрия кормов для животных в этой стране является одним из основных потребителей сухой сыворотки (до 50% от выпускаемого объема). Доля кормов для домашних животных (в основном для щенят и котят), использующих в качестве ингредиента продукты из сыворотки — 1%, это связано с химическим составом молока. В табл. 20.20 приведена характеристика среднего количественного состава молока собак и кошек (усредненные данные) в сравнении с другими видами животных и человеком.

Таблица 20.20. Состав молока (данные Hurley)

Вид	Содержание в %				
	СВ	Белка	Жиры	Лактозы	Золы
Конка	25,4	10,6	10,8	3,7	1,0
Собака	22,7	7,5	9,5	3,8	1,1
Свинья	20,1	5,6	8,3	5,0	0,9
Корова	12,4	3,2	3,7	4,6	0,7
Человек	12,4	0,8	4,1	6,8	0,2

Содержание белка в молоке собаки и кошки выше, чем в молоке свиней, коров и человека. Содержание жира в молоке собаки и кошки также высоко. Поэтому, щенки и котята получа-

ют питательное, богатое энергией молоко матери. Пропорция казеин: сывороточный белок в молоке собак и кошек составляет 73 : 27 и 53 : 47 соответственно.

В США примерно 70 % населения содержат домашних питомцев, а в 2004 г. было потрачено около 35,9 млрд. долларов на производство кормов для них. Согласно данным Американской Ассоциации по производству продуктов для домашних животных, хозяева питомцев тратят более 50 % того, что они заработали за декаду на еду, одежду и на лечение своих питомцев. Промышленное производство кормов для домашних животных является прибыльным делом. В 2003 г. было внедрено около 400 новых видов продуктов, при этом производство функциональных продуктов занимает первое место среди инновационных разработок.

В связи с тем, что белки молочной сыворотки обладают функциональными свойствами, в последние годы стали проводиться исследования по изучению влияния белков сыворотки на состояние здоровья домашних животных, с последующей разработкой новых видов кормов с функциональными свойствами. Сотрудники *International Ingredient Corporation K.M. Halpin* и др. (США) на основе проведенных аналитических исследований установили, что сывороточные белки способствуют:

- подавлению аппетита, что очень важно при ожирении;
- увеличению костной массы;
- стимуляции иммунитета (цитологического и гуморального).

Кроме того, они обладают антиоксидантной, пробиотической и пребиотической активностями.

Клинические испытания, проведенные на кошках показали, что лактоферрин необходим для лечения трудноизлечимых стоматитов, которое часто ассоциируется с кошачьим вирусом иммунодефицита. Симптомы у кошек с неизлечимым стоматитом: поражение ротовой полости (воспаление и гингивит), уменьшение слюноотделения, уменьшение аппетита, зубная боль. Пероральный прием лактоферрина значительно улучшил состояние (табл. 20.21).

Таблица 20.21. Влияние лактоферрина на процесс лечения трудноизлечимых стоматитов у кошек по Sato et al. (1994,1996)

Симптомы	Отклик на лактоферрин
Поражение ротовой полости (воспаление и гингивит)	Улучшение (1–4 показателя) ¹
Уменьшение слюноотделения	Увеличение
Уменьшение аппетита	Увеличение
Боль (при пальпировании участков испытывают боль)	Улучшение. Увеличение нейтрофильной гранулоцитарной фагоцитарной активности

*Примечание:*¹ — показатели воспаления ротовой полости базировались на степени кровотока (нормальная, легкая, умеренная или тяжелая).

Препараты лактоферрина для лечения и профилактики заболеваний ротовой полости для домашних животных, можно выпускать в виде пасты, дыхательных полосок, спреев и различных приспособлений для чистки.

Проведены также исследования по изучению роли гликомакропептида на пищеварительную функцию и сократительную способность желудочно-кишечного тракта собак (*Chernikov et al.*, 1974; *Stan et al.*, 1983). Установлено, что гликомакропептид ослабляет секрецию кислот в желудке и понижает его двигательную активность. Следовательно, гликомакропептид — физиологический фактор, который регулирует пищеварительную функцию собак и других млекопитающих.

Даже краткая информация дает основание считать, что применение компонентов молочной сыворотки в кормах для домашних животных имеет определенную перспективу и от-

крывает еще одну нишу для коммерциализации научных разработок. В нашей стране этот сегмент заполнен импортом.

20.6. Использование молочной сыворотки при силосовании кормов

В России и за рубежом большое внимание уделяется увеличению производства и повышению качества силоса из кукурузы и подсолнечника; сенажа из однолетних и многолетних трав, как эффективного энергетического компонента в рационе жвачных животных.

Силосование — сложный микробиологический и биохимический процесс, но в то же время простой и недорогой способ консервирования кормов. Силосованный корм обеспечивает организм животных белками растительного происхождения, углеводами и витаминами. Основу силосования составляет процесс молочнокислого брожения под воздействием микроорганизмов, размножающихся в анаэробных условиях, созданных технологией традиционного силосования. Эта широко используемая технология предполагает в сжатые сроки перекрыть доступ кислорода воздуха к растительному сырью, что способствует подавлению развития плесневых грибов, гнилостных и маслянокислых бактерий. Часто быстро создать анаэробные условия в заложенной зеленой массе не удастся. Это способствует развитию гнилостной микрофлоры и, как результат, порче силоса и сенажа. Поэтому для урегулирования процесса направленного молочнокислого брожения, целесообразно использовать закваски для силосования, в состав которых введены молочнокислые бактерии.

При силосовании кормов микробиологические процессы протекают в три фазы.

Первая фаза силосования характеризуется развитием всех микроорганизмов, находящихся на поверхности растений. В этой стадии, продолжающейся в течение 2–3 сут., развивается вся эпифитная (поверхностная) микрофлора. Она очень многообразна по составу и включает нежелательную, преимущественно гнилостную микрофлору. Но в результате внесения заквасок для силосования и различных технологических приемов (свежесть растительной массы, ее измельчение, трамбование в силосных сооружениях, тщательное укрытие) обеспечиваются оптимальные условия для интенсивного развития молочнокислых бактерий. Они, разлагая глюкозу растений, превращают ее в молочную кислоту. Некоторые молочнокислые гетероферментативные микроорганизмы, кроме молочной кислоты, образуют и уксусную кислоту. Низкая активная кислотность среды (рН) в начале задерживает развитие гнилостных и других нежелательных бактерий, а затем вызывает их гибель.

Вторая фаза созревания силоса характеризуется развитием молочнокислых микроорганизмов. В эту фазу в силосуемой массе размножаются преимущественно молочнокислые бактерии. При значении рН 4,5–4,0 хорошо развиваются молочнокислые стрептококки. Одновременно в этот период развиваются палочковидные молочнокислые микроорганизмы, которые постепенно, после затухания деятельности молочнокислых стрептококков, становятся преобладающими и хорошо развивающимися в кислой среде. Они, усваивая углеводы, накапливают большое количество молочной кислоты (до значения рН 3,5–3,0 и ниже). Молочнокислые стрептококки кроме молочной кислоты, образуют уксусную кислоту, этиловый спирт, углекислый газ и манит. Манит придает силосу горьковатый вкус, а преобладающие впоследствии палочковидные молочнокислые микроорганизмы используют его в качестве питательного субстрата и устраняют горький вкус. В процессе силосования растительной массы принимают участие и дрожжи, которые, сбраживая углеводы, выделяют небольшое количество этилового спирта. Образующийся этиловый спирт соединяется с органическими кислотами, образует ряд эфиров, придающих силосу приятный запах.

Третья фаза силосования наступает при значении pH ниже 3,0. При этом значении pH молочнокислые палочки погибают, и наступает естественный процесс силосования — полное созревание силоса. Созревший силос (без раскрытия сооружений) может храниться долго.

При силосовании без внесения молочнокислых бактерий в первые дни наиболее активно размножаются гнилостные бактерии. Заметное накопление молочной кислоты и снижение численности гнилостных бактерий происходит при использовании легко силосующегося сырья на 3–4 сутки, а при силосовании богатой белком растительной массы молочнокислые бактерии начинают преобладать только на седьмые сутки. Это объясняется тем, что молочнокислые бактерии размножаются при отсутствии кислорода, в то время как для развития гнилостных бактерий необходим воздух. В первые дни силосования гнилостные бактерии активно используют кислород, присутствующий в биомассе. В свежескошенном сырье, не обработанном закваской для силосования, содержание молочнокислых бактерий составляет около $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г, а гнилостных бактерий — до $7 \cdot 10^6$ КОЕ/г. В результате преобладание гнилостных бактерий ведет к развитию масляно-кислого брожения, большим потерям силоса и его низкому качеству.

В свое время (1973–1978 гг.) по разработкам ВНИИМС (П. Ф. Крашенинин, А. В. Гудков) в творческом содружестве с ИНБИ им. А. Н. Баха АН СССР была реализована крупная народно-хозяйственная программа по приготовлению силоса с использованием закваски ВНИИМС-ИНБИ. Закваска готовилась на молочных заводах из любой молочной сыворотки, разбавленной в два раза водой. В качестве продуцента применялся штамм лактобактерий селекции ИНБИ с внесением стимуляторов — комплекса витаминов и минеральных солей. В Ярославской области (полигон), Ставропольском, Краснодарском и Алтайском краях, а так же во многих других регионах были заготовлены по этой технологии млн. тонн силоса. При этом повсеместно был получен исключительно позитивный результат — силосная масса «бродила», вместо традиционного «гниения». Были поставлены промышленные опыты по силосованию грубых сухих трав и камыша, а так же соломы. Появилась универсальная закваска для силосования «Амилонитробактерин», в терминологии которой — содержательная часть компонентов. Молочная сыворотка идеально совмещалась с проблемами кормопроизводства.

В дополнение к достаточно подробной информации по данной тематике [17] следует обратить внимание на развитие возможностей с расширением ассортимента заквасок для силосования — сухая сыворотка, меласса, минерализаты. Однако можно с достаточной степенью уверенности утверждать, что альтернативы молочной сыворотке, как основы питательной среды для приготовления заквасок чистых культур применительно к силосованию грубых кормовых смесей, просто нет. Новации последнего времени в этом направлении излагаются ниже.

В ГНУ Ставропольский НИИ животноводства и кормопроизводства совместно с ООО НПО «ЭКОБИОТЕХ» разработана комплексная силосная закваска «КЗС-ЭМ+Ф», которая представляет собой жидкий биопрепарат молочнокислых бактерий, культивируемых на питательной среде, в состав которой входят молочная сыворотка, меласса свекловичная, дрожжевой экстракт, сахароза, глюкоза и комплекс солей, необходимых для роста заквасочной культуры. Кроме того, в состав закваски входят ферментные препараты «Целловиридин-В Г20х» и «ЦеллоЛюкс-Ф» [22].

«Целловиридин-В Г20х» — комплексный натуральный препарат, обладающий целлюлазной, ксиланазной и глюканазной активностью. В его состав входит микробная культура *Trichoderma viride*, способная расщеплять находящиеся в составе зерновых компонентов некрахмалистые полисахариды. «ЦеллоЛюкс-Ф» также содержит комплекс целлюлаз (2000 ± 200) ед./г, ксиланаз (до 8000 ед./г) и глюконаз (до 1500 ед./г). Эти ферменты способствуют разрушению стенок растительных клеток, в результате чего повышается доступность

крахмала, протеина и жира эндосперма зерна для воздействия ферментов пищеварительного тракта.

В качестве молочнокислых микроорганизмов в состав закваски введены *Lb. casei*, *Lb. plantarum*, *Lb. fermentum*, *Str. thermophilus*.

Комплексную силосную закваску «КЗС-ЭМ+Ф» применяют при силосовании зеленой массы для повышения качества силоса и сенажа путем направленного регулирования молочнокислого брожения, что приводит к быстрому накоплению молочной кислоты, подавлению гнилостной микрофлоры и маслянокислого брожения.

ООО «БИО-БИЗ» производит биоконсервант для силосования кормовых культур «Лактофид». Это бактериальная закваска, состоящая из смеси молочнокислых бактерий *Lactobacillus* и *Lactococcus*, выращенных в жидкой питательной среде. «Лактофид» используют для силосования кукурузы, подсолнечника, свекличного жома, многолетних и однолетних бобовых и злаковых травосмесей. Препарат безвреден для человека и животных, корма, приготовленные с применением «Лактофид», могут скармливаться без ограничений.

Сотрудниками ГНУ Ставропольский НИИ животноводства и кормопроизводства проведена работа по изучению эффективности использования биоконсерванта «Лактофид» при заготовке кукурузного силоса. Препарат перед применением разбавляют водой в соотношении 1 : 44 и вносят в силосуемую массу с помощью распыляющих устройств из расчета 1 л препарата на 15 т закладываемой зеленой массы, соблюдая технологию силосования зеленой массы (контроль влажности, плотность укладки, герметичность хранения и т. д.).

Было установлено, что через 45 дней после закладки зеленой массы кукурузы на силосование, силос, приготовленный с внесением «Лактофид», существенно отличается от силоса, который получен путем самоконсервирования. Так сумма летучих жирных кислот в силосе с биоконсервантом составляет 2,94 %, что в 1,5 раза меньше, чем в самоконсервированном силосе. Удельный вес молочной кислоты составил 68,2 %, масляной 1,2 %. При оценке силоса по шкале Флига он набирает 84 очка и оценивается как очень хороший. В самоконсервированном силосе удельный вес молочной кислоты составляет 58,2 %, масляной 2,9 %, что в 1,6 раза меньше, чем в силосе, приготовленном с «Лактофид», а по шкале Флига этот силос набирает 53 очка и оценивается как «удовлетворительный». В 1 кг силоса с биоконсервантом содержится 0,176 корм.ед. и 12,3 г переваримого протеина, что соответственно на 24,0 % и 17,1 % больше, чем в самоконсервированном.

Для изучения эффективности использования силосов, заготовленных с использованием биоконсерванта «Лактофид» в рационах дойных коров был проведен научно-хозяйственный опыт по следующей схеме (табл. 20.22).

Таблица 20.22. Схема проведения научно-хозяйственного опыта

Группа	Порода	Количество животных, гол.	Состав рациона
Контрольная	Черно-пестрая	10	Сено разнотравное, силос кукурузный самоконсервированный, концентрированные корма, минеральные корма
Опытная	Черно-пестрая	10	Сено разнотравное, силос кукурузный с биоконсервантом «Лактофид», концентрированные корма, минеральные корма

Животные получали рационы с одинаковым набором кормов и равным содержанием питательных веществ. Эффективность рационов определялась продуктивностью животных и затратами кормов на производство 1 кг молока (табл. 20.23).

Таблица 20.23. Эффективность использования силоса, консервированного «Лактофид»

Показатели	Группа	
	Контрольная	Опытная
Продолжительность опыта, дн.	60	60
Получено молока, кг	6192	6432
Среднесуточный удой, кг	12,5	13,4
Жирность молока, %	3,6	3,7
Содержание белка в молоке	3,0	3,1
Затраты кормов на 1 кг молока, корм. ед.	0,99	0,93

У животных, получавших в рационе силос консервированный «Лактофид», среднесуточный удой оказался выше на 0,9 кг или на 7,2% в сравнении с контрольной группой, получавшей самоконсервированный силос. При этом у коров опытной группы в молоке было выше содержание жира и белка. Расход кормов на производство 1 кг молока, был ниже также в опытной группе.

Изменение продуктивности животных подопытных групп можно отнести за счет лучшего использования и усвоения кормов, где в состав рациона введен силос, полученный биоконсервированием препаратом «Лактофид».

СКНИИЖ и ООО НПФ «БИОВЕТ» (г. Краснодар) предлагают для силосования кормов биозакваску «Биовет» на основе молочнокислых бактерий. Применение биозакваски позволяет:

- достигнуть исходной концентрации молочнокислых бактерий в зеленой массе до 10^7 КОЕ/г корма;
- снизить рН среды в силосе до 4,5 ед.;
- снизить образование тепла и связанных с ним потерь энергии, а также потери в процессе ферментации;
- подавить образование масляной кислоты и аммиака в силосуемой массе;
- повысить стабильность корма при хранении.

«Биовет» также обеспечивает более высокое соотношение молочной и уксусной кислот (более 3 : 1), продуцируемых заквасочной микрофлорой, при отсутствии масляной кислоты.

ЗАО «БИОАМИД» (г. Саратов) выпускает биоконсервант для силосования кормов БСК-1, который представляет собой биомассу *Str. lactis diastaticus*, выращенную в стерильных условиях и иммобилизованную на сухом молоке. Заквасочная микрофлора препарата БСК-1 продуцирует молочную и уксусную кислоту, которые подавляют развитие посторонней микрофлоры, вызывающей распад белка с образованием масляной кислоты и ядовитых аминов.

Способ применения БСК-1. Берется 1,5 г биоконсерванта, разводится в 1 л питьевой воды и вносится равномерно в 1 т силосуемой массы путем распыления. Применение биоконсерванта при обработке кормов способствует сохранению белков (кормовых единиц) в зеленой массе, обогащению силоса витаминами. Улучшаются органолептические свойства корма и, как следствие, возрастает его поедаемость. Проведенные научно-хозяйственные испытания показали, что силос, полученный с использованием БСК-1, имеет больше кормовых единиц (на 25–30%), переваримого протеина (на 25–33%), сухих веществ (на 5–8%) и каротина (в 1,5–2,0 раза). Масляная кислота в таком силосе практически отсутствует и 95% силоса соответствует I классу. Кроме того, кормление силосом, приготовленным с использованием БСК-1, приводит к увеличению среднесуточных удоев молока, повышает прирост живой массы, позволяет снизить затраты на кормление животных.

Расчет экономической эффективности использования биоконсерванта БСК-1 показал, что затраты в объеме 1 руб. на консервирование силоса приводят к дополнительному доходу 30–35 руб.

ООО «Биотехагро» (Краснодар) разработала закваску для силосования и сенажирования растительного сырья «Битасил». В качестве заквасочной культуры в состав закваски включены молочнокислые бактерии *Lactococcus lactis subsp. lactis* и *Lactobacillus plantarum*, которые культивировали на питательной среде, состоящей из мелассы свекловичной, соевого гидролизата, воды и хлористого натрия. Перед применением закваску рекомендуется растворять в питьевой воде, а затем полученным раствором обрабатывать зеленую массу путем опрыскивания.

Предприятие ООО «Микромир», совместно с ФГУ «Ставропольская межобластная ветеринарная лаборатория», на базе ОАО «Завод Лактопробиотиков» производит и реализует ветеринарные препараты, биологически активные добавки для комплексного лечения и профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта, а так же закваску «Унифицированная закваска для силосования кормов «УЗСК-Н» с использованием молочнокислых бактерий. В состав заквасочной микрофлоры входят следующие виды: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* и *Lactococcus lactis*.

Применение «УЗСК-Н» позволило снизить pH силосной массы в первые же часы до 4,2, а так как гнилостные бактерии не способны развиваться при условиях pH ниже 4,2, прекращается разогревание массы. Быстрое накопление молочной кислоты исключает протекание маслянокислого брожения, происходит быстрое созревание силоса (в течение 5–6 дней). Высокое качество силоса в течение всего срока хранения, способствует биосинтезу в кормах витаминов, ферментов и аминокислот, при этом в силосе образуется небольшое количество аммиака.

Использование закваски для силосования «УЗСК-Н» приводит к уменьшению «угара» верхнего слоя силоса с 30–50 см до 5–10 см. Не менее 95 % силоса, полученного с использованием закваски, соответствует 1 классу.

Силос, приготовленный с применением бактериальной закваски, меньше подвержен грибковому поражению, имеет оливковый цвет, ненарушенную структуру, приятный фруктовый запах. Он отлично поедается животными. Сохранность питательных веществ в таком силосе выше, чем у силоса заложённого по традиционной технологии. Молочнокислые бактерии, входящие в состав закваски способствуют не только быстрому силосованию зеленой массы, но и нормализуют пищеварительные процессы у животных, препятствуют возникновению у них кетозов и ацедозов, повышают устойчивость организма к заболеваниям, стимулируют иммунный ответ на действие нежелательной микрофлоры. В табл. 20.24 приведены результаты исследований силоса на наличие в нем органических кислот, образующихся в ходе микробиологических и биохимических превращений при силосовании в присутствии «УЗСК-Н».

Таблица 20.24. Содержание органических кислот в силосе

Способ силосования	Общее количество органических кислот	Содержание органических кислот в общей их сумме, %		
		Молочная	Уксусная	Масляная
Естественный — «самоконсервирование»	3,78	63,4	29,4	7,2
С применением «УЗСК-Н»	4,01	80,6	19,4	—

Определяющим фактором качества силоса является сохранность в нем сухого вещества. При внесении силосной закваски «УЗСК-Н» потери сухих веществ были в два раза ниже, чем при естественном «самоконсервировании» зеленой массы (в силосе с закваской поте-

ри составили 4,0–4,6%, а в самоконсервированном — 9,42–10,65%). Кроме того, внесение закваски способствует увеличению сохранности кормовых единиц на 25%, переваримости протеина на 25–33%, сухого вещества на 5–8% и каротина в 2,5 раза. Положительный эффект от применения закваски отмечается также при сохранении потерь силоса при хранении, как минимум на 10%, за счет подавления гнилостной и другой нежелательной микрофлоры.

Скармливание лактирующим коровам консервированного «УЗСК-Н» силоса повышает переваримость на 2,9% сухого вещества, на 3,2% органического вещества, на 5,4 протеина, на 3,1% клетчатки, на 2,3% БЭВ рациона, обеспечивает повышение суточных удоев на 12,9% и снижение затрат кормов на 3,8%. Скармливание бычкам на откорме этого силоса увеличивает суточные приросты живой массы на 14%, снижает затраты корма на 3,9%, повышает убойный выход на 3,2%.

Одно из возможных направлений использования молочной сыворотки при силосовании кормов сухими заквасками «Битасил», «УЗСК-Н» и других, в состав которых включена молочнокислая микрофлора, но питательная среда для их культивирования не на молочной основе — использовать сыворотку для растворения сухих заквасок вместо воды.

В настоящее время системные исследования по применению молочной сыворотки при силосовании широкомасштабно проводятся творческим коллективом академика И. Ф. Горлова (Поволжский НИИПП). Хотелось бы надеяться, что колоссальный опыт отрасли по приготовлению кисломолочных продуктов на чистых культурах микроорганизмов будет востребован в животноводстве. При этом использование молочной сыворотки в качестве питательной среды для приготовления силосных заквасок логически и экономически обосновано.

20.7. Перспективные направления при производстве кормовых добавок на основе молочной сыворотки

Обычно при производстве ЗЦМ используют подсырную сыворотку, как в нативном виде (жидкие и сгущенные ЗЦМ), так и в сухом (сухие ЗЦМ). Подсырную сыворотку без особой сложности сушат на распылительных сушилках. Что касается творожной сыворотки, то из-за высокого содержания молочной кислоты она в нативном состоянии практически не применяется или частично используется в раскисленном виде. Кроме того, творожная сыворотка относится к термопластичным материалам, которые в обезвоженном состоянии при контакте с горячей поверхностью способны плавиться. По этой причине творожная сыворотка трудно поддается сушке, хотя на ряде предприятий все-таки приспособились ее сушить с предварительным раскислением. Однако качество этого продукта по сравнению с сухой подсырной сывороткой значительно хуже [3].

Из всех известных способов переработки молочной сыворотки наиболее эффективным и доступным, с учетом технической оснащенности молочной промышленности, является биотехнологический метод, основанный на молочнокислом брожении лактозы.

Исходя из необходимости увеличения объемов переработки молочной сыворотки, во ВНИМИ проводятся исследования по разработке новых видов ЗЦМ с использованием низколактозной творожной сыворотки, получаемой методом микробного синтеза. Кстати, ВНИМИ (на протяжении 35 лет) является одной из ведущих организаций по разработке рецептур и технологий производства ЗЦМ.

В ходе исследований при участии специалистов по микробиологии были подобраны композиции наиболее активных штаммов молочнокислых бактерий (ацидофильная палочка

и стрептококк), определены дозы их внесения, а также реагенты для нейтрализации молочной кислоты, образуемой в результате брожения лактозы. Были установлены зависимости продолжительности сбраживания лактозы от активности и количества вносимой закваски, а также от температуры и pH среды. Для нейтрализации молочной кислоты использовали оксид и гидроксид кальция.

Процесс гидролиза лактозы молочнокислыми бактериями осуществляется активно при оптимальных значениях pH 6–6,7 до степени расщепления лактозы 75 %. Поэтому процесс ферментации творожной сыворотки целесообразно проводить до содержания лактозы в конечном продукте порядка 1 %.

Обработанная таким образом ферментированная творожная сыворотка не только сохраняет все нативные компоненты исходного продукта (белок, жир, витамины и минеральные вещества), но и обогащается необходимой для организма теленка полезной микрофлорой, ферментами и кальцием. Кисломолочные виды заменителей молока, которые приготовлены на основе ферментированной сыворотки, обладая пробиотической активностью, будут стимулировать работу пищеварительного тракта, повышать резистентность организма и способствовать увеличению суточных привесов молодняка сельскохозяйственных животных.

Смешивание ферментированной сыворотки с раскисленной нативной позволит регулировать в заданных соотношениях содержание лактозы в составе ЗЦМ для различных возрастных категорий молодняка сельскохозяйственных животных. Важно отметить, что низколактозная творожная сыворотка, обогащенная лактатами кальция, легко подвергается распылительной сушке.

Применение в составе ЗЦМ ферментированной творожной сыворотки, обогащенной лактатами кальция, молочнокислыми бактериями и продуктами их жизнедеятельности, позволит производить кормовой продукт лечебно-профилактической направленности высокого качества.

Интерес к молочной сыворотке, как кормовому потенциалу, во всем мире продолжает расти. В первую очередь это касается технологий глубокой переработки молочной сыворотки — компоненты и производные, которые позволяют получать продукты, подобные лекарственным препаратам для ветеринарии.

20.8. Резюме по главе 20

Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в кормлении сельскохозяйственных и домашних животных, а так же птицы, в соответствии с Концепцией функционального питания «братьев наших меньших» [17, 23] является нормальным и должно рассматриваться в поле деятельности рыночной экономики.

20.9. Литература к главе 20

1. Филатов, Ю. И. Использование творожной сыворотки в составе ЗЦМ [Текст]/Ю. И. Филатов, Т. М. Гунст//Молочная промышленность. — 2006. — № 6.
2. Демидова, О. Искусственное питание [Текст]/О. Демидова//<http://agro-profi.ru/archive/58/>.
3. Акимов, В. Заменители молока для с/х животных [Текст]/В. Акимов//Молочная промышленность. — 2009. — № 4.
4. Эббинге Баес. Новые технологии в производстве кормов для жвачных животных [Текст]/Эббинге Баес//<http://www.kalvomilk.ru/products/zameniteli/g-extra>
5. Кальволак заменитель цельного молока (ЗЦМ) для телят [Текст]//<http://www.vethelpua.alfaspaces.net/instr/vitamin/Kalvolac.php>
6. Ли, В. Кальвомилк Имагро — надежная защита здоровья животных [Текст]/В. Ли//<http://www.agrojour.ru/zhivotnovodstvo/veterinariya/kalvomilk-imagro-nadjozhnaya-zashchita-zdorovya-zhivotnykh.html>
7. Орехова, Т. Н. Гидрофильные кормовые смеси как возможный ингредиент комбикормов для птицы [Текст]/Т. Н. Орехова//<http://astarta-sumy.com.ua/pub.php?p=3>.
8. Филатов, Ю. И., Использование творожной сыворотки в составе ЗЦМ [Текст]/Ю. И. Филатов, Т. М. Гунст, А. Бегунов//Молочная промышленность. — 2006. — № 12. — С. 42.
9. Полольников, В. Е., Адаптивные преобразования структурных компонентов тонкого отдела кишечника свиней при скармливании цеолито-сывороточной добавки [Текст]/В. Е. Полольников, В. Н. Миниченко, Л. Н. Гамко, Е. В. Зайцева, А. А. Ткачев, Л. П. Тельцов//Материалы 3-ей международной конференции «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». — г. Боровск: Изд-во ВНИИ физиологии, биохимии и питания с/х животных, 2000. — С. 188–189.
10. Кулакова, Т. С. Сыворотка в рационах молодняка [Текст]/Т. С. Кулакова, И. М. Бурыкина, В. Ф. Поздняков, Н. С. Баранова//Молочная промышленность. — 2009. — № 10. — С. 80.
11. Ожиганова, Е. В. Исследование процесса ферментации творожной сыворотки [Текст]/Е. В. Ожиганова, И. М. Бурыкина, С. В. Молотов//Материалы НПК «Научное и конкурентоспособные технологии продуктов питания со специальными свойствами», Углич: РАСХН, 2003.
12. Биотек — сыворотка молочная гидролизованная для животных [Текст]//<http://www.vetlek.ru/shop/?gid=1316&id=2502>
13. Лодыгин, Д. Н. Технология новой кормовой добавки на основе молочной сыворотки, обогащенной кальцием [Текст]/Д. Н. Лодыгин, А. Д. Лодыгин, С. А. Кислев//Материалы Международного научно-практического семинара «Современные направления переработки сыворотки» — Ставрополь: СевКавГТУ, 2006. — С. 142.
14. Кравченко, Э. Ф. Углеводно-минеральная кормовая добавка на основе соленой подсырной сыворотки [Текст]/Э. Ф. Кравченко, Т. А. Волкова//Сборник материалов научно-практической конференции «Масло. Сыр. Состояние, проблемы, перспективы развития». — Углич, 2003. — С. 98–100.
15. Нестеренко, П. Г. Кормовая добавка «Кормикс» обогащенная «КДК-О» [Текст]/П. Г. Нестеренко, О. А. Огнева, Д. А. Дубиков//Молочная промышленность. — 2006. — № 4. — с. 48.
16. Валялина, С. А. Кормовые добавки из концентрированных смывных вод молочного оборудования [Текст]/С. А. Валялина//Молочная промышленность. — 2007. — № 7. — С. 28.
17. Храмцов, А. Г. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья [Текст]/А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева и др. Учебное пособие, М.: ДеЛи принт. 2006. — 286 с.
18. Еремина, М. В. Разработка технологии концентратов функционального назначения из молочного белково-углеводного сырья [Текст]: Дисс... канд. техн. наук — Ставрополь, 2008. — 146 с.
19. Храмцов, А. Г. Состояние и перспективы развития функционального питания сельскохозяйственных животных в России: Коллективная монография [Текст]/А. Г. Храмцов, Д. Н. Лодыгин, А. Д. Лодыгин, Н. М. Панова, Б. Т. Абилов, О. А. Огнева//Саратов: ИТЦ «Лидер». — 2007. — 127 с.
20. Меркулова, О. В. Разработка биотехнологии синбиотического концентрата функционального назначения [Текст]: Дисс... канд. техн. наук — Ставрополь, 2009. — 160 с.
21. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Дисс... докт. техн. наук, Ярославль — Кемерово, 2007.
22. ТУ 9291–007–05324181–08. Комплексная закваска КЗС-ЭМ+Ф.
23. Петенко, А. И. Технология кормопродуктов и кормовых добавок функционального назначения : учеб.-справ. пособие в 2-х томах [Текст] / А. И. Петенко, А. Г. Кошаев. — Кrasnodar, КубГАУ, 2010. т. 1. — 490с; т. 2. — 620с.

Глава 21

Использование молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в медицине и ветеринарии

21.1. Общие положения

Феномен использования молочной сыворотки в медицине и ветеринарии известен с глубокой древности. Как свидетельствуют архивы Матенадарана (Армения) и мемуары Коллуме-лы (Италия) сыворотку, как «живую воду» пользовали во всех случаях отклонения от нормы в здоровье млекопитающих (человека и животных) и птицы. Омовение и питье до 12 стаканов свежей (из-под пресса) сыворотки считалось нормальным. В Европе (XVIII век) действовало до 400 станций (курортов), где «пользовали» (лечили) сывороткой и виноградным соком. На смену им пришли санатории с минеральной водой (видимо цикл повторится после их исчезновения). И опять будет востребована «забытая» молочная сыворотка, а наши предприятия будут соседствовать с бальнеологическими санаториями для страждущих. Информация по данной проблеме очень обширна. Например, в нашей стране еще в 1849 г. была выпущена брошюра с притягательным названием «Краткое изложение способа лечения сыворотками с описанием сыворотко-лечебного заведения в Санкт-Петербурге». На международных конференциях по молочной сыворотке в 1997 [1], 2005 [2] и 2008 [3] годах была масса докладов по данной проблематике от косметики до лечения СПИДа и рака, объединенных в специальные разделы. Важно, что этой тематикой занимались, на объектах настоящей монографии, выдающиеся профессионалы известных в мире лечебных учреждений со всего света. Что еще необходимо для утверждения постулата Гиппократ — «пусть пища станет нашим лекарством». Молочная сыворотка, ее компоненты и их производные фактически подтверждают наши девизы: Молоч-

ная сыворотка — «код жизни»; лактоза — «сахар жизни»; лактулоза — «Чудо из молока». Рассматривая молочную сыворотку как структурированную воду, ее применение снижает старение соединительной ткани и, следовательно, среди напитков она является предпочтительной. А в свое время канадец де Локк был объявлен «спасителем человечества» за разработку по использованию лактозы молока для полной инактивации сальмонеллеза.

Ниже, в логической последовательности структуры получаемых продуктов, с учетом ограниченности объема раздела как прилагательного (информационного для сведения и гордости профессионалов отрасли) в монографии, кратко излагаются некоторые аспекты возможного применения молочной сыворотки, ее компонентов и их производных для получения медицинских и ветеринарных препаратов.

21.2. Медицинские аспекты применения молочной сыворотки

Молочная сыворотка применялась с лечебной целью еще в давние времена. Так, Гиппократ рекомендовал принимать сыворотку в достаточном количестве в течение длительного времени как средство против дискразических и гуморальных изменений (анемия и особенно туберкулез). Позже в Швейцарии в 1760 г. систематическое лечение сывороткой начал применять Ф. Гофман. Однако еще задолго до него было известно терапевтическое значение этого продукта при лечении некоторых болезней, главным образом, как мочегонного и стимулирующего секреторную деятельность препарата. Из Швейцарии метод лечения сывороткой перешел в Германию, Австрию, Тироль. В 1860 г. (по Розель) насчитывалось более 400 станций, где для лечения использовалась сыворотка. Этот вид лечения стал таким же популярным, как и лечение минеральными водами. Швейцарские, немецкие и австрийские врачи рекомендовали курс лечения сывороткой лицам, страдавшим запорами, подагрой, болезнями почек. Утром и вечером больные принимали по стакану сыворотки и увеличивали эту дозу до 6–8 и 10 стаканов в день. В течение всего курса лечения соблюдалась диета. Во Франции медики назначали сыворотку как мочегонное средство и советовали употреблять ее трижды в день: 1 стакан утром натощак, 2 — перед обедом и 3 — незадолго до ужина.

На XI Международном молочном конгрессе проф. Киферле отметил, что молочную сыворотку, ее компоненты (молочный сахар) и биопроизводные (молочную кислоту) можно использовать в лечебных целях. В частности, одна из английских фирм предлагает использовать сухую сыворотку в качестве средства для лечения нефрита и желтухи. В настоящее время сыворотка, получаемая на крупных молочных заводах и наиболее удовлетворяющая медицинским требованиям, принимается больными небольшими дозами, начиная с 500 г. Постепенно это количество увеличивается до 1–2 литров.

В системном виде научного исследования (не рекламы) терапентику молочной сыворотки можно показать на примере статьи Стивена Луффа, опубликованную в престижном информационном журнале *The World of Food Ingredients* с оригинальным названием *The Whey to Immunity* и привлекательной аннотацией: «В условиях угрозы эпидемии гриппа потребители все больше будут стремиться приобрести пищевые продукты, содержащие ингредиенты, способствующие повышению и укреплению иммунитета. Большинство таких пищевых ингредиентов можно получить из одного источника — молочной сыворотки». Лучше не скажешь.

На сайте виртуальной энциклопедии — Википедии (<http://ru.wikipedia.org/>) указано на взаимосвязь молочной сыворотки с известными разработками заменителей крови И. Г. Бельного.

Многолетние (с 1941 г. после эвакуации в г. Бийск Алтайского края, в сотрудничестве с ВНИЛ сыроделия — К. С. Лебедева и др.) исследования по использованию жидкой и сухой молочной сыворотки были поставлены проф. Х. И. Вайнштейном (зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней Челябинского мединститута). К нашему удовлетворению, результаты этих исследований были обобщены и опубликованы [4]. Автор излагает свой взгляд на молочную сыворотку и ее переработку и отмечает, что во вторичном молочном сырье содержится больше витаминов, чем в препаратах, выпускаемых Минмедпромом СССР. Он приводит подробнейший материал с расшифровкой клиники. Общая информация и некоторые результаты автора в обобщенном виде приведены ниже.

Х. И. Вайнштейн изучал лечебное применение сухой и натуральной молочной сыворотки, в т. ч. ее влияние на секреторную функцию пищеварительных органов. Спектр действия молочной сыворотки по его данным широкий. Она оказывает стимулирующее, мочегонное и потогонное действие. Предполагается, что лечебные и гигиенические свойства сыворотки объясняются тем, что в ней содержатся молочный сахар, кальциевые соли, калий, магний, натрий, лимонная и молочная кислота, фосфаты, стерины и особенно витамин B_2 — лактофлаavin, а также антитоксины и ферменты. Однако, кроме перечисленных сведений, специальных исследований по этому поводу в литературе не было. Поэтому проф. Х. И. Вайнштейн с сотрудниками провели изучение влияния молочной сыворотки на секреторную функцию желудка, поджелудочной железы и печени, а также эффективность действия сыворотки во время применения ее при некоторых патологических процессах. При исследованиях использовалась как натуральная, так и сухая сыворотка.

Влияние сухой молочной сыворотки на секреторную функцию желудка. Для исследования секреторной функции желудка обычно используется пробный завтрак Боаса-Эвальда в целях однократного исследования желудочного содержимого и жидкий завтрак, большей частью алкогольный или кофеиновый, для многократного исследования в течение 1–2 часов. Чтобы выяснить влияние сухой молочной сыворотки на секреторную функцию желудка, были проведены сравнительные исследования (рис. 21.1).

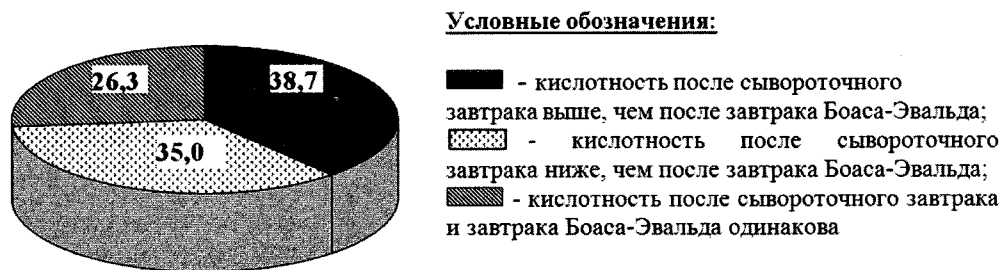


Рис. 21.1. Сравнительные данные влияния завтрака Боаса-Эвальда и завтрака сывороточного на кислотность желудочного сока (из 160 наблюдений)

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

- завтрак, состоящий из молочной сухой сыворотки, по влиянию, оказываемому на секрецию желудка (кислотность и сокоотделение), не уступает действию общепринятого завтрака Боаса-Эвальда;
- кривые кислотности желудочного сока (при фракционном исследовании) после нагрузки молочной сывороткой не уступают кривым после нагрузки обычными раздражителями (алкоголь, кофеин);

- в большинстве случаев сокогонное действие сыворотки при фракционных исследованиях превышает подобное действие, оказываемое обычно раздражителями, применяемыми в процессе таких исследований;
- сухую молочную сыворотку, как раздражитель, можно рекомендовать и для одномоментного, и для фракционного исследований желудочной секреции;
- молочная сыворотка может быть рекомендована как лечебное средство, стимулирующее секрецию желудка.

Влияние молочной сыворотки на секрецию поджелудочной железы.

Исследование ферментов с раздражителем (соляная кислота) и с сывороткой проводились у больных, страдавших различными внутренними заболеваниями. Выводы, которые можно сделать по результатам исследований:

- молочная сыворотка активно влияет на секрецию фермента диастаза;
- как раздражитель сыворотка может быть использована при изучении функциональной способности поджелудочной железы;
- в случаях недостаточной ферментативной способности поджелудочной железы сыворотку как активное и физиологическое средство можно рекомендовать для стимулирования секреции этой железы.

Влияние молочной сыворотки на секрецию желчи.

Для того чтобы выяснить, обладает ли молочная сыворотка желчегонными свойствами, проводились исследования на собаке с фистулой желчного пузыря (операция по Шванну) — басовская фистула. Проведенные исследования показали, что на секрецию желчи сыворотка оказывает стимулирующее действие. После приема сыворотки желчи выделялось больше, чем после сернокислой магнезии. Что касается концентрации билирубина, то в ряде случаев концентрация его была ниже после сыворотки, чем после магнезии.

На основании выполненных исследований о влиянии молочной сыворотки на секреторную функцию пищеварительных органов — желудка, поджелудочной железы и печени было установлено, что сухая молочная сыворотка при приеме внутрь оказывает:

- стимулирующее влияние на секреторную функцию желудка;
- активное влияние на секрецию желудочного сока.
- влияние на секрецию поджелудочного сока и желчи.

Кроме того, она обладает сокогонными свойствами в отношении желудочного и поджелудочного соков, а также желчи. Было также установлено, что натуральная молочная сыворотка (сладкая подсырная и творожная), как и сухая сыворотка, активно стимулирует секреторную функцию желудка. Она может быть использована в качестве пробного завтрака, а также для стимулирования секреции у больных с пониженной кислотностью.

Лечебное применение молочной сыворотки.

1. При запорах. Под наблюдением находилось 250 человек, страдавших хроническими запорами, связанными с атонией кишок, спастическими запорами рефлекторного характера, запорами, которые сопутствовали колитам и гастритам. Запоры у некоторых сопровождались и диспептическими явлениями. Эти больные получали внутрь ежедневно один литр жидкой сыворотки. Уже в первые дни после того, как они начали ее принимать, стул у одних становился мягче, запоры наблюдались реже, а спустя неделю работа ЖКТ нормализовалась.

2. При заболеваниях печени и желчных путей. Молочная сыворотка стимулирует отделение желчи. Как и при других заболеваниях, у больных с хроническими заболеваниями печени и желчных путей, страдавших запорами, ежедневный прием молочной сыворотки в количестве 250 мл 2 раза в день приводил к резкому сокращению или устранению запоров, что снимало необходимость пользоваться различными послабляющими средствами.

3. Влияние молочной сыворотки на диурез и отеки. Полученные данные показывают, что прием молочной сыворотки способствует повышению суточного диуреза. Возможно, что она усиливала действие сердечных средств, обладая мочегонным свойством. Все изложенное

позволило считать целесообразным обобщение данных по изучению и практическому применению, как сухой, так и жидкой молочной сыворотки.

В заключение проф. Х. И. Вайнштейн отметил, что сыродельная промышленность должна увеличить выпуск сухой сыворотки.

Подводя итоги информации, необходимо отметить, что когда в 80-х годах прошлого века проф. Х. И. Вайнштейн вышел в СКФ ВНИИМС через министра С. Ф. Антонова с просьбой о поставке в его клинику сухой молочной сыворотки для приготовления медпрепаратов большим дисбактериозом, это была прорывная поддержка усилиям нашего творческого коллектива в рамках реализации Государственной программы (была и такая) по поиску рациональных способов переработки и использованию молочной сыворотки.

21.3. Медицинские аспекты применения лактозы и ее производных

Образно можно считать, что визитная карточка молочного дела представлена в любой аптеке лактозой (молочным сахаром), которая практически присутствует в большинстве медпрепаратов в качестве наполнителя (таблетки), обогатителя (сиропа), сырьевого субстрата (антибиотики) и даже основы (абомин, аппилак и др.). Это гордость нашей отрасли и одно из важных направлений бизнеса на отечественном и международном уровнях. Возможно, именно лактоза предназначена для использования в качестве «сахарного кода» при распознавании раковых клеток и приклеивания к ним клеток-убийц или клеток-целителей [5]. Определенные перспективы открываются для кристаллов аномеров лактозы при изготовлении биоинформационных таблетированных медицинских и ветеринарных препаратов [6].

В последнее десятилетие особый интерес вызывает информация о фармакологическом применении производной лактозы — лактулозы, основанная на ее бифидогенности. Следует отметить, что на сайте Википедии (<http://ru.wikipedia.org/>) лактулозе отведено более 3000 информационных упоминаний, содержащих в основном медицинские аспекты.

В системном виде использование лактулозы для лечения многих патологических состояний описано в монографии Г. О. Конн, М. М. Либертал [7]. Монография переведена на русский язык и издана. Эта уникальная в своем роде монография посвящена авторами Николаю Экку, который начал наступление на неизведанное (лактулозу); Франсу Ингельфингеру, благодаря которому забрезжил свет, и Иоганнесу Биреру, кто сделал картину ясной. По нашему мнению книга является настоящим гимном лактулозе и настоятельно рекомендуется для ознакомления, глубокого изучения и практического использования специалистами молочного дела и особенно медицинским работникам.

В книге, на основе изучения и систематизации имеющейся к тому времени (1978 г.) публикаций по лактулозе и собственных исследований авторов, лактулоза была рекомендована для лечения гипераммонемии, печеночной недостаточности и связанной с ней портальной системной энцефалопатии (ПСЭ). ПСЭ — это расстройство центральной нервной системы метаболического происхождения, характеризующееся психиатрическими и неврологическими нарушениями, которые могут прогрессировать от легких умственных помешательств до комы. Установлена прямая связь этого заболевания с продуцированием гнилостными кишечными бактериями аммиака, который всасывается в кровь и переносится в печень, где должен обезвреживаться. В книге на 447 стр. текста (русский перевод) детально и скрупулезно описывается систематика, связанная с ПСЭ и синдромом Рейе. Две главы (61 стр.) отведены характеристикам и механизму действия лактулозы.

Механизм действия лактулозы при печеночной недостаточности связан с уменьшением образования аммиака в кишечнике и ускорением его выведения из организма в результате подкисления кишечного содержимого, превращением адсорбируемого аммиака в неадсорбируемый ион аммония, а также с осмотическим послабляющим эффектом. При этом лактулоза имеет определенное преимущество перед антибиотиками, применяемыми в лечении для подавления процесса образования аммиака. Не уступая неомитину в эффективности, лактулоза превосходит его в переносимости и не обладает серьезными побочными эффектами.

В книге имеется глава, посвященная использованию лактулозы при других (кроме ПСЭ) заболеваниях, в том числе:

- при лечении запоров, особенно хронических (не вызывает привыкания больных в течение 4–5 лет);
- при лечении зубов (не вызывает кариеса);
- при оценке транзитного времени тонкого кишечника.

Для лечения уремии лактулоза, по мнению авторов, не пригодна. Для лечения дизентерии лактулоза была эффективной, но не может заменить антибиотики; лечение вагинита по патенту США № 377518 (1974 г.) не подтверждено. Имеется информация по сальмонеллезу.

В последней главе книги «Незаконченное дело» авторы, подводя некоторые итоги, открывают широкую перспективу использования лактулозы для лечения самых различных заболеваний, связанных с печеночной недостаточностью. Как бы нам хотелось, чтобы в нашем Отечестве нашлись энтузиасты медики, которые посвятили бы свою творческую жизнь использованию лактулозы. Позитивные примеры приведены ниже.

Принципиально новым и уникальным использованием лактулозы в клинической практике являются проведенные в нашей стране испытания медицинского препарата итальянской фирмы Иналко/Молтени (н.в. Молтени) под фирменным названием «Нормазе» (концентрат лактулозы). «Нормазе» проходило клиническое изучение в 15 клиниках нашей страны. Наблюдения охватывали свыше 500 пациентов взрослых и детей. Результаты испытаний опубликованы в специальном сборнике «Применение “Нормазе” в клинической практике» [8]. В табл. 21.1 для информации приведен перечень медицинских организаций, в которых лактулоза была испытана в клинической практике.

Таблица 21.1. Применение препарата «Нормазе» в клинической практике

№	Организация	Наименование работы	Авторы
1	Институт фармакологии Феррарского университета, г. Феррара, Италия	Клиническая фармакология лактулозы	А. Муджелли
2	Центр медикобиологических проблем, г. Москва	Фармакология лактулозы	Г. А. Пенязева
3	НИИ Геронтологии АМН СССР, г. Киев	Применение «Нормазе» при хронических запорах у лиц пожилого и старческого возраста	О. В. Коркушко Е. А. Дзизинская С. В. Козлов и др.
4	Киевский институт усовершенствования врачей, г. Киев	Применение «Нормазе» при циррозах печени и кишечном дисбактериозе у больных пожилого возраста	И. И. Дегтярева М. Ю. Коломоц И. Н. Червак и др.
5	Городская поликлиника № 5 ГУЗМ, г. Москва	Использование «Нормазе» у гастроэнтерологических больных в амбулаторных условиях	В. И. Островская
6	Кафедра психологии и нейрохирургии № 2 II-го МОЛТМИ, г. Москва	Возрастные аспекты терапевтического эффекта препарата «Нормазе» при портальной гипертензии	Г. Т. Тачмурадова

Окончание табл. 21.1

№	Организация	Наименование работы	Авторы
7	НИИ проктологии МЗ РСФСР и городская поликлиника № 5, г. Москва	Эффективность «Нормазе» у больных с синдромом раздраженной толстой кишки	И. Л. Халиф В. М. Чернюва А. Ф. Иванов и др.
8	Центральный институт Гастроэнтерологии	Использование препарат «Нормазе» для определения скорости транзита по тонкой кишке и лечения запоров	А. С. Логинов Н. Ю. Лорие А. В. Петраков
9	Кафедра внутренних болезней № 32-го лечебного факультета 1 Московского Медицинского института	Перспективы лечения хронических заболеваний печени	А. А. Михайлов Ю. С. Мочалова С. В. Яковлева
10	НИИ Педиатрии	«Нормазе» в комплексном лечении хронических заболеваний печени	Л. А. Рыжкова В. В. Шеляпина Д. В. Чистова
11	Клиническая больница № 83, г. Москва	Клинико-биохимические аспекты оценки эффективности препарата при хронических заболеваниях печени	М. Е. Семендяева Э. Д. Тамаркина Е. Ю. Лопатина
12	Институт хирургии им. А. В. Вишневского АМН СССР	Применение «Нормазе» больными, оперированными на органах брюшной полости	В. И. Смирнова И. М. Аглицкая Е. П. Хлебников
13	Ленинградский медицинский институт	Опыт применения «Нормазе» у больных с острым вирусным гепатитом, осложненном печеночной недостаточностью	Е. П. Шувалова Е. В. Эсауленко А. А. Шамаев

В целом показана высокая эффективность препарата «Нормазе» при лечении печеночной энцефалопатии при заболеваниях печени различного генеза. Результаты испытаний позволили проф. Яковлеву В. П. в предисловии (стр. 2, абз. 2) отметить, что «Лактулоза — это первый реальный шанс выживания слоя больных с заболеваниями печени, осложнившимися развитием печеночной недостаточности». Только одно это положение требует незамедлительного освоения отечественного выпуска медицинских препаратов лактулозы.

В этот же период были проведены клинические испытания препарата «Нормазе» в гериатрической практике. Результаты исследований обобщены в специальном сборнике «Применение нормазе в гериатрической практике» [9]. В табл. 21.2 приведена информация о медицинских организациях, в которых лактулоза была испытана в гериатрической практике.

Таблица 21.2. Применение препарата «Нормазе» в гериатрической практике

№	Организация	Наименование работы	Авторы
1	Военный госпиталь Н. Н. Бурденко	Опыт клинического применения препарата «Нормазе» в комплексном лечении больных хроническими заболеваниями печени	А. П. Васильев А. С. Ивлев С. В. Иванов
2	Кафедра Гастроэнтерологии 2-го Московского института	Применение лактулозы в комплексном лечении печеночной недостаточности у больных с циррозами печени	П. Я. Григорьев Б. А. Шлевков Э. П. Яковенко
3	Кафедра Гастроэнтерологии. Киевский институт усовершенствования врачей	Эффективность применения препарата «Нормазе» при заболеваниях печени и толстой кишки	И. И. Дегтярева Н. Д. Опапасюк С. М. Давыдов и др.
4	Научный Центр Хирургии, г. Москва	Применение препарата «Нормазе» для лечения гепатогенной энцефалопатии у больных портальной гипертензией	А. К. Ерамишанцев Л. В. Губский А. Г. Шерцингер и др.

Показана целесообразность применения лактулозы для людей пожилого возраста в качестве хорошего слабительного средства с одновременным «подкисляющим» эффектом, переводом аммиака в ионизированную форму NH_4^+ с исключением его диффузии в кровь через стенку кишечника (отравление), выводом токсических веществ и азота из организма. Подчеркнута необходимость дальнейшего изучения применения лактулозы, в т.ч. в изменении адренэргетических процессов, что позволяет расширить показания ее практического применения. Препарат «Нормазе» с грифом разрешения Минздрава РФ допущен как профилактическое средство.

Следует подчеркнуть, для объективности и исторической справедливости, что еще 28.09.1979 г. член-корр. АМН СССР, проф. А. С. Логинов (ЦНИИ гастроэнтерологии, г. Москва) в информации об испытаниях отечественного образца сиропа лакто-лактолозы, выработанного и представленного аспирантом ВНИИМС В.Я. Матвиевским, указал на целесообразность применения препарата при лечении хронических заболеваний печени. К сожалению, дальнейшие наблюдения по разным причинам не были проведены и вернулись на нашу землю в «зарубежном сарафане» в виде «Нормазе».

В учебнике «Детские болезни» имеется рекомендация по лечению синдрома Рейе с помощью лактулозы (0,5 г препарата на 1 кг веса) [10]. По мнению проф. Г.К. Филиппского (Ставропольская госмедакадемия) это имеет исключительно важное значение для отдельных категорий больных детей и не реализуется на практике только из-за отсутствия доступного препарата лактулозы.

В работе японских ученых было показано влияние бифидобактерий на подавление развития опухолей. При этом в качестве стимулятора бифидобактерий предложено использовать лактулозу.

Препарат лакто-лактолозы выработанный в Алтайском крае по инициативе Алтайского филиала ВНИИМС (канд. техн. наук, ныне проф. М. С. Уманский), в соответствии с технологией СТГТУ был испытан в зональном гематологическом центре. По заключению научного руководителя гематологического центра, заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии, проф. З. С. Баркаган результаты предварительной апробации препарата показали высокую эффективность при заболевании печени, кишечника, в т.ч. при дисбактериозе. Учитывая широкую распространенность перечисленных выше заболеваний и трудность их лечения, а также то, что зарубежные препараты являются валютными и не могут закупаться в необходимом количестве, проф. З. С. Баркаган считает целесообразным наладить серийный выпуск препарата лактулозы.

По имеющейся в нашем распоряжении информации, в последние годы лактулоза привлекает внимание пищевиков, как идеальный, некариогенный подсластитель. Отечественные препараты «Лактулак» были испытаны с позитивным результатом в Ивановском мединституте и ВНИИМС. Фармацевтические препараты лактулозы итальянской фирмы «Молтени» разрешены для лечения и профилактики печеночной недостаточности и хронических запоров. Системные исследования медицинских аспектов использования препаратов на основе лактулозы были поставлены широкомасштабно фирмой «Фелицата Холдинг» (В.В. Ким, С.А. Киселев), что позволило сформировать парадигму производства и использования этого признанного во всем мире промотора бифидобактерий в родном Отечестве, и было отмечено на уровне премии Правительства РФ. Ниже кратко излагаются материалы специально изданной фирмой «Фелицата Холдинг» брошюры для врачей.

До 90 % населения нашей страны страдает в той или иной мере дисбактериозом. Для нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) необходим бифидус-фактор, в качестве которого и предлагается «Лактусан», действующим началом которого является лактулоза. В специальной брошюре [11] фирма «Фелицата Холдинг» дает информацию для врачей о лечебно-профилактических свойствах и применению лактулозного сиропа «Лактусан». Данный препарат испытан в ряде медицинских учреждений профессионалами. Краткий

перечень направлений испытаний с упоминанием всех подвижников от медицины, с краткой аннотацией полученных результатов и выводами, приведен ниже.

1. В ПНИЛ медицинской цитологии Российской академии последипломного образования Министерства здравоохранения РФ Э. Г. Щербаковой — зав. ПНИЛ медицинской цитологии, заслуженным деятелем науки РФ, профессором, было изучено бифидогенное действие сиропа «Лактусан». Установлено, что «Лактусан» обладает выраженным бифидогенным действием, стимулируя рост бифидобактерий *in vitro* и *in vivo*; оказывает дозозависимый протективный эффект на ткань печени и слизистую оболочку кишечника, предотвращая побочное токсическое действие высоких доз тетрациклина и ампициллина. «Лактусан» рекомендован к применению в детском и геродиетическом питании.

2. В Ярославской государственной медицинской академии Г. А. Суханов, док. мед. наук и А. Н. Абиссов, канд. мед. наук, провели клиническое испытание иммуномоделирующего и детоксикационного действия сиропа «Лактусан». Клинические испытания показали, что препарат можно использовать, как для консервативного лечения тиреотоксикоза, так и для предоперационной подготовки, а также при лечении заболеваний печени, желчевыводящих путей и кишечника.

3. На кафедре детских болезней Российского Университета дружбы народов (24-е отделение Морозовской детской городской клинической больницы) В. Е. Родоман, зав. кафедрой урологии и оперативной нефрологии РУДН, д-р мед. наук, профессор, академик МАНВШ, В. И. Максимов, зав. лабораторией д-р биол. наук, Л. Т. Кузьменко, зав. кафедрой детских болезней РУДН, д-р мед. наук, профессор и Н. И. Петрук, канд. мед. наук провели испытания «Лактусана» с добавлением янтарной кислоты. Было установлено, что препарат «Лактусан-5» (условное обозначение «Лактусана» с добавлением янтарной кислоты) можно применять в лечении заболеваний, сопровождающихся дисбактериозом кишечника как монотерапию у детей с I и II степенью дисбактериоза и в сочетании с фаготерапией и биопрепаратами у детей со II и III степенью дисбактериоза. Противопоказанием служит наличие у ребенка аллергии к молочным продуктам, лактазная недостаточность.

Данная группа ученых также провела исследования, касающиеся лечебно-профилактического действия кефира, обогащенного лактулозой, на функцию и микроэкологию кишечника. Оказалось, что кефир, обогащенный концентратом лактулозы «Лактусан» более благоприятно влияет на микрофлору кишечника, чем обыкновенный кефир. В связи с чем, кефир с лактулозой рекомендован для профилактики заболеваний ЖКТ, в том числе дисбактериоза.

4. В Министерстве Здравоохранения РФ и медицинском центре Управления Делами Президента РФ, О. Н. Минушкин, зав. кафедрой гастроэнтерологии, д-р мед. наук, профессор и М. Д. Ардатская, канд. мед. наук, также проводили клиническое испытание кефира, обогащенного «Лактусан». Было подтверждено, что кефир с лактулозой является эффективным продуктом для лечения и профилактики хронической патологии ЖКТ, сопровождающейся синдромом дисбактериоза. Наблюдалась тенденция к нормализации времени транзита по пищеварительному тракту и анаэробно-аэробных взаимоотношений микрофлоры толстого кишечника.

5. В клинике кафедры общей терапии № 2 Военно-медицинской академии г. Санкт-Петербурга В. Ю. Голофеевский, начальник кафедры общей терапии № 2 Российской военно-медицинской академии, д-р мед. наук, профессор и М. В. Соловьев, канд. мед. наук провели клиническую апробацию БАД «Лактусан» с добавлением янтарной кислоты. Оказалось, что «Лактусан» является эффективным препаратом для коррекции синдромов кишечной дисперсии и раздраженного кишечника, а так же астенического синдрома у пациентов с различной терапевтической патологией. Установлена оптимальная доза препарата (20 мл в сутки) при курсе лечения не менее 7–10 дней.

6. В Государственном НИИ курортологии МЗ РФ г. Пятигорска и санатории им. М. И. Калинина г. Ессентуки профессионалы Н. В. Ефименко, Д. И. Топурия, В. А. Петрова, Н. Н. Слат-

винская и Е. Б. Дудник изучили сочетанное применения природных факторов эссентукского курорта и БАД «Лактусан» в коррекции дисбактериоза кишечника. Было установлено, что при включении данного препарата в комплексную курортную терапию дисбактериоза кишечника, он оказывает благоприятное влияние на состояние микрофлоры больных.

7. В Пермской государственной медицинской академии на кафедре инфекционных болезней Н. Н. Воробьева, зав. кафедрой инфекционных болезней ПГМА, академик МАНЭБ, профессор, изучила применение препарата «Лактусан» в лечении больных парентеральными вирусными гепатитами. Проведенные исследования показали, что включение препарата «Лактусан» в комплексную терапию парентеральных вирусных гепатитов является целесообразным, так как синтетический дисахарид молочного сахара — лактулоза оказывает протективное действие на ткань печени и слизистую оболочку кишечника.

8. Главный врач Пермской детской городской инфекционной клинической больницы № 5, канд. мед. наук В. Е. Бобриков информировала о применении препарата «Лактусан» при дисбактериозах в отделении вирусных гепатитов. Так назначение минимальной дозировки сиропа лактулозы «Лактусан» в 58 % дает положительный эффект. Актуальным является применение препарата и при лечении запоров.

9. В Пермской центральной городской клинической больнице № 2, З. Н. Байшева, зав. гастроэнтерологическим отделением Пермской ЦГКБ № 2 изучила возможности применения сиропа «Лактусан». Апробация препарата дала следующие результаты:

- применение «Лактусана» в течение 2 недель больными хронической печеночной энцефалопатией позволяет снизить ее клиническое проявление;
- отмечается положительная динамика симптомов у больных, страдающих дисбактериозами.

Препарат «Лактусан» рекомендован в гастроэнтерологической практике больным с хроническими заболеваниями печени и больным с хроническими стойкими запорами.

10. В Ярославской государственной медицинской академии Э. В. Малафеева, профессор кафедры микробиологии Ярославской государственной медицинской академии, д-р мед. наук, член-корреспондент РАЕ, изучила бифидогенное и антибактериальное действие концентратов лактулозы и препаратов, содержащих лактулозу. Результаты исследований показали, что препараты лактулозы:

- повышают интенсивность развития популяции бифидобактерий *in vitro*;
- увеличиваются рост и размножение популяции лактобактерий;
- снижаются интенсивность развития стафилококков, грибов рода *Candida*, микроорганизмов рода *Proteus* и *Ps. aeruginosa*;
- увеличивают интенсивность размножения популяции *E. coli*;
- усиливают ферментативную активность лизоцима;
- усиливают антагонистическую активность представителей нормальной микрофлоры против патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

На основании всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что сироп «Лактусан» активизирует иммунную систему кишечника, необходим для защиты от кишечной инфекции и эффективен при:

- дисбактериозах кишечника различной степени тяжести у взрослых и детей;
- заболеваниях печени различной этиологии;
- хронических запорах у лиц пожилого возраста, детей, а также беременных и больных, длительно соблюдающих постельный режим;
- колитах и других заболеваниях желудочно-кишечного тракта;
- сальмонеллезе и почечной недостаточности;
- токсикозе беременных с функциональными расстройствами пищеварения;
- аллергических реакциях.

Видимо следует указать, со ссылкой на приоритет публикации в открытой печати [12], что С. А. Киселевым сформулировано предложение о возможности синтеза нового поколения антибиотиков с использованием лактулозы — авторский бренд «Экобиотики». Суть предложения — введение в рецептуру антибиотиков пребиотика (например, лактулозы), который активно способствует нивелированию отрицательных сторон этого медпрепарата. Жизнь покажет востребованность прорывной инновации. Для нас важно, что в качестве ее промотора выбран продукт, синтезированный на основе компонента молочной сыворотки.

В системном виде новую и оригинальную информацию о медико-биологических аспектах использования лактулозы приводим по разработкам Г. Б. Гаврилова [13]. Ее ценность — научное обоснование и практическое решение по выпуску концентратов лактулозы линейки «Лазет» и бренда молочных продуктов «Здоровое питание».

Оценка эффективности функциональных свойств продуктов, обогащенных лактулозой, базировалась на данных, подтверждающих наличие у них заявляемых медико-биологических эффектов, которые получены в контролируемых клинических испытаниях.

Результаты клинических испытаний пребиотических свойств молока питьевого с лактулозой. Исследования проводились Гавриловым Г. Б. совместно со специалистами НИИ питания РАМН при непосредственном участии С. А. Шевелевой.

Под амбулаторным наблюдением находилось 25 пациентов в возрасте от 18 до 70 лет с синдромом раздраженной толстой кишки с запорами. В эту группу не включали пациентов, у которых наблюдалась непереносимость лактозы. Основная группа получала пастеризованное молоко с лактулозой и аскорбиновой кислотой по 400 мл в день в 2 приема в течение 24-х дней. Количество лактулозы в 400 мл молока составляло 2,28 г, аскорбиновой кислоты — 33,9 мг, т. е. приблизительно 50 % от рекомендуемой суточной потребности. Контрольная группа получала пастеризованное молоко без лактулозы по 400 мл в день в два приема в течение 24-х дней. Переносимость молока с лактулозой была хорошей на протяжении всего периода наблюдения, отсутствовали какие-либо болевые, диспептические проявления, а также аллергические реакции.

Критерии оценки эффективности лечения: нормализация моторно-эвакуаторной функции толстой кишки; улучшение структуры микрофлоры, функциональных свойств основных представителей защитной микрофлоры, снижение частоты выявления условно-патогенных микроорганизмов; улучшение состояния факторов локального иммунитета, оцениваемого по уровню и динамике показателей секретного иммуноглобулина А в копрофильтрах; улучшение метаболической активности кишечной микрофлоры, оцениваемой по содержанию короткоцепочечных жирных кислот в копрофильтрах; обеспеченность лиц аскорбиновой кислотой и витамином В₂.

При анализе динамики клинической симптоматики установлено, что у половины больных основной группы исчезли диспептические явления и метеоризм. В контрольной группе диспептические явления сохранялись, а устранение метеоризма было зарегистрировано только у 11 % пациентов. При употреблении молока с лактулозой на фоне амбулаторной диетотерапии наблюдалась положительная динамика клинических проявлений у 75 % больных (табл. 21.3).

Таблица 21.3. Клинический эффект после приема молока с лактулозой

Характеристика эффекта	Относительное соотношение, %	
	Основная группа	Контрольная группа
Улучшение	37,5	0,0
Частичное улучшение	37,5	11,0
Без существенной динамики	25,0	89,0

У 25 % больных основной группы не наблюдалось значительной положительной динамики (в контрольной группе — у 89 %). Необходимо отметить, что данная категория больных была старшего возраста, запоры были наиболее выраженными, лица страдали ими более 25 лет, отмечался многолетний прием больших доз слабительных средств. Также у данной категории пациентов в большей степени выражена и сопутствующая патология, прежде всего со стороны желудочно-кишечного тракта, а также со стороны сердечно-сосудистой системы.

До приема продукта содержание бифидобактерий в фекальной микрофлоре у всех пациентов, как в основной, так и в контрольной группах, находилось в пределах нормы — от 8,0 lg до 10,6 lg КОЕ/г. Основной характеристикой дисбиотических изменений у обследованных больных явилось снижение функциональной активности бифидобактерий, популяционных уровней лактобацилл, нарушение видового состава энтеробактерий и энтерококков.

Так, до включения в диету молока «Для здоровья» у 50 % больных в основной группе отмечен значительный дефицит лактобацилл — с показателями менее 5,0 lg КОЕ/г, в том числе у 29 % их содержание было ниже 4,0 lg КОЕ/г, в контрольной группе — уровни менее 6,0 lg КОЕ/г обнаружены у половины больных, однако выраженного дефицита лактобацилл (менее 4,0 lg) ни в одном случае в фоновых исследованиях зарегистрировано не было.

После приема молока «Для здоровья» наблюдалась тенденция к повышению антагонистической активности популяции бифидобактерий в 2 раза в основной группе относительно контрольной (57 % против 33 %). Кроме того, в основной группе отмечено повышение уровней лактобацилл в 64,3 % исследований, а в контрольной группе — в 44,4 %. В то же время, в контрольной группе у лиц, перенесших на фоне приема продуктов респираторные заболевания, отмечалось снижение содержания лактобацилл до уровня глубокого дефицита — менее 4,0 lg, тогда как в основной группе этого не отмечено. Результаты исследований структуры кишечной микрофлоры у пациентов, получавших пастеризованное молоко «Для здоровья» представлены в табл. 21.4.

Таблица 21.4. Динамика антагонистической активности бифидобактерий после приема молока с лактулозой (% к числу обследованных лиц)

Динамика выраженности антагонизма	Основная группа	Контрольная группа
Повышение	21,5	11
Тенденция к повышению	36	22
Отсутствие динамики при отклонениях от нормы	14	11
Отсутствие динамики без отклонений от нормы	7	11
Снижение	21,5	45

Динамика антагонистической активности, т. е. повышение антагонизма популяции лактобацилл в 1,3 раза была одинаковой у пациентов, как основной группы, так и контрольной группы. При этом изначально у больных основной группы показатели антагонизма были ниже, чем в контрольной группе. Таким образом, присутствие в молоке лактулозы оказывало защитное действие на лактобациллы (табл. 21.5).

Таблица 21.5. Динамика лактобацилл после приема молока с лактулозой (% к числу обследованных лиц)

Характер изменений уровня	Основная группа	Группа сравнения
Повышение	64,3	44,4
Без динамики	21,4	33,3
Снижение	14,3	22,2

Аналогичные данные, расцениваемые как протекторный эффект молока с лактулозой на микрофлору кишечника, получены и в отношении видового состава энтеробактерий. Испытуемый продукт тормозил развитие цитратассимилирующих видов энтеробактерий. Содержание их снизилось с 38 % до 14 %, в то время как в контрольной группе — не изменилось (22–23 %). Частота обнаружения стафилококков с факторами патогенности после приема молока снизилась в 3 раза — с 19 до 7 %, тогда как в контрольной группе наоборот — возросла с 13 до 29 %.

Анализ динамики дисбактериоза, оцениваемого по степени выраженности, в целом позволил установить, что в основной группе уменьшение глубины дисбиотических изменений выявлено у 64 % больных в отличие от контрольной группы, где это наблюдалось в 11 % случаях. Дисбаланс, соответствующий 2 и 3 степени, корригировался почти в 2 раза лучше молоком с лактулозой, чем пастеризованным молоком. Средние значения секреторного иммунного белка в копрофильтрах и изменения их в динамике употребления продуктов приведены в табл. 21.6.

Таблица 21.6. Концентрация *sIgA* в копрофильтрах лиц, в мг/г

Сроки наблюдения	Основная группа	Группа сравнения
До приема продукта	149±25,5	316,49±181,4
На 24 день приема	221,3±138,6	147,17±50,73

Установлено, что у лиц, употреблявших продукт, отмечено возрастание концентрации *sIgA*, тогда как в контроле отмечалась обратная тенденция.

Результаты проведенного исследования пребиотического продукта — молока «Для здоровья», содержащего лактулозу, показали наличие пребиотического эффекта, при суточном поступлении пребиотика в количестве 2,28 г, проявляющегося в улучшении функциональной деятельности кишечника у 75 % лиц, страдающих запорами; в способности улучшать баланс микробных популяций в толстом кишечнике у 64 % пациентов; в повышении продукции секреторного иммуноглобулина А.

Ряд показателей, характеризующий метаболическую активность флоры, свидетельствовал о положительной направленности изменений, происходящих в среде кишечника под воздействием продукта (соотношение ЛЖК, концентрация изо-форм ЛЖК). Молоко с лактулозой «Для здоровья» может быть рекомендовано для улучшения функциональной деятельности кишечника и поддержания нормального кишечного микробиоценоза в количестве 400 мл в день. Противопоказанием к приему молока с лактулозой является индивидуальная непереносимость.

На основе имеющегося информационного файла проф. С. А. Рябцевой [14] сформулирован (1999 г.) бренд рекламного характера о возможности использования лактулозы в медицине, который для сведения приводится ниже.

ЛАКТУЛОЗА — углевод, состоящий из галактозы и фруктозы. Обладает четко выраженной бифидогенной активностью, профилактическим и лечебным действием. Впервые была использована для лечения дисбактериозов у грудных детей в 1947 году. При этом удавалось поднять уровень защитной бифидофлоры от почти нулевого уровня до 90–95 % [15].

В настоящее время лактулоза, как наиболее изученная в плане медицинского применения, стала классическим средством воздействия на метаболизм микрофлоры кишечника, ее часто используют как эталонный углеводный компонент [16, 17, 18].

В общем виде механизм действия лактулозы может быть объяснен следующим образом. Лактулоза, употребляемая orally, не расщепляется в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта из-за отсутствия необходимых для этого ферментов. Она проходит транзитом

в толстый кишечник, где используется бифидобактериями как источник энергии и углерода. В результате метаболизма лактулоза превращается в уксусную, молочную и некоторые другие органические кислоты, которые подавляют развитие гнилостной микрофлоры кишечника и подкисляют содержимое кишечника [16]. Следствием этого является облегчение выведения фекальных масс, предотвращение образования токсичных продуктов белкового распада, выведение стероидов из растворенного состояния, улучшение жирового и минерального обмена, уменьшение нагрузки на печень и почки, стимулирование иммунных реакций [17].

Кроме детского питания лактулозу успешно применяют при лечении печеночной недостаточности, особенно осложненной энцефалопатией, хронических запоров и дисбактериозов [7].

Применение лактулозы, как слабительного средства, снижает число инфекционных заболеваний мочеполовых путей у людей, страдающих запорами. Действие лактулозы на стул проявляется индивидуально: у одних людей усиливаясь постепенно, у других — резким увеличением при достижении определенных доз. На практике применяют постепенное увеличение дозы (20, 40, 80, 160 г) вплоть до достижения 2–4 эвакуаций стула в день.

Доказано терапевтическое действие лактулозы при диабете, почечной недостаточности, кандидомикозе и гиперхолестеринемии. Изучается ее профилактическое действие при камнеобразовании в печени, почках, колоректальной карциноме, инфекции мочевых путей, остеопорозе.

Диапазон дозировок — от 2–10 г в день для поддержания нормального уровня бифидофлоры и профилактики дисбактериозов до сотен граммов в день при терапии запоров, энцефалопатии и других заболеваний.

За прошедший период эти рекомендации дополнились, а спектр исследований значительно расширен, что подтверждает место и роль лактулозы в продуктах лечебно-профилактического (функционального) назначения и медпрепаратах — «чуда из молока» для бизнеса отрасли.

21.4. Использование пищевых добавок с лактулозой при производстве продуктов питания общего и целевого назначения

Использование молочной сыворотки в технологии получения пищевых добавок известно [19]. Это же относится к биологически активным добавкам [20]. Биомембранная технология, реализованная в бренде «Био-Тон», «Биобактон» и «Лактобрил» апробирована в медицинской и ветеринарной практике [21, 22, 23, 24]. В принципе, молочная сыворотка в стратегии выбора пробиотиков или пребиотиков [25] идеально соединяет их через синбиотики. Именно в этом видится ее феномен. Масштабирование данной идеологии осуществлено творческим коллективом академика И. Ф. Горлова (Поволжский НИИПП) на молочных и мясных продуктах функционального питания лечебного назначения. Краткая информация по линейке БАД с лактулозой и их практическому использованию излагается (с любезного согласия авторского коллектива) ниже.

21.4.1. Использование пищевых добавок с лактулозой при производстве молочных продуктов

Сотрудниками Поволжского НИИПП дано научно-практическое обоснование создания функциональных пищевых продуктов (на основе пищевых добавок с лактулозой), способствующих укреплению иммунной системы организма человека.

Бифидогенная активность сиропов лактулозы является важным потребительским свойством и характеризуется их влиянием на развитие бифидобактерий как вне организма (на питательных средах, в молоке и др., *in vitro*), так и внутри его (в составе кишечной микрофлоры, *in vivo*). На основании лабораторных исследований было сделано заключение о корректирующем действии концентрата лактулозы на микробиоценоз толстого кишечника. Было изучено влияние концентрата лактулозы на бифидобактериях штамма *B. longum* 1. Результаты исследований показали, что концентрат лактулозы обладает ростстимулирующим эффектом, проявляющимся как в активности кислотообразования, так и в накоплении жизнеспособных клеток бифидобактерий. Наиболее интенсивно бифидобактерии развивались в сыворотке с 2,5% сиропа лактулозы. При более низких концентрациях лактулозы ее влияние на рост бифидобактерий не выражено, а при более высоких отмечено торможение их развития из-за повышения осмотического давления.

Для исследования использован метод эффективной компенсации дефицита ежедневно требующихся организму человека питательных веществ за счет дополнительного обогащения сырьевых ресурсов натуральными и биологически активными веществами [26]. Исследования показали, что наиболее оптимальным вариантом является использование лактулозы совместно с селеном, коллоидным серебром, янтарной кислотой и глицином.

Проведенные исследования доказывают возможность использования пищевых добавок с лактулозой «Лар» (содержит органический селен и лактулозу); «Лаэль» (лактuloза с лизоцимом) и гликолакт (лактuloза с глицином) в молочных продуктах многоцелевого направления. Так, внесение комплексных добавок при производстве пастеризованного молока показало:

- внесение пищевых добавок в количестве «Лар» — 1 г, «Лаэль» и гликолакта — по 2 г каждой на 100 г продукта не изменяет природу вкуса и запаха продукта;
- внесение пищевых добавок в молоко перед пастеризацией оказывает бактерицидное и фунгицидное действие, способствует стабильности кислотности продукта при хранении;
- внесение добавок в молоко перед пастеризацией повышает качественные характеристики продукта и способствует увеличению сроков годности до 10 сут.
- микробиологические показатели опытных образцов продукта после 13 сут. хранения при 4 °С были на порядок ниже требований СанПиН 2.3.2.1078–01, индекс 1.2.1.1, предъявляемых к молоку пастеризованному в потребительской таре (табл. 21.7).

Таблица 21.7. Микробиологические показатели пастеризованного молока в процессе хранения при 4 °С ($n = 3$)

Образцы молока пастеризованного	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более			Масса продукта (см ³), в которой не допускаются БГКП (колиформы)		
	требования СанПиН	после 7 сут. хранения	после 13 сут. хранения	требования СанПиН	после 7 сут. хранения	после 13 сут. хранения
Контрольный образец	$1 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^5$	0,01	Нет роста	Нет роста
Опытные образцы:						
с «Лар»	$1 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	0,1	Нет роста	Нет роста
с «Лаэль»	$1 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	0,1	Нет роста	Нет роста
с гликолактом	$1 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	0,1	Нет роста	Нет роста

Комплексную добавку «Лар» также можно использовать при производстве кисломолочных напитков на основе молочной сыворотки, а лизоцим в составе пищевой добавки «Лазель» (лактuloза с лизоцимом) губительно действует на грамположительную микрофлору и его использование при производстве кисломолочных напитков нежелательно. Внесение «Лар» в количестве 1% не изменяет вкус и запах продукта, а также при введении «Лар» в состав подсырной сыворотки, сквашенной бактериальной закваской термофильных молочнокислых бактерий, способствует росту молочнокислых микроорганизмов в процессе их хранения при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$. Микробиологические показатели контрольного и опытного образцов кисломолочного напитка после 10 сут. хранения при 4°C соответствовали требованиям СанПиН 2.3.2.1078–01, индекс 1.2.1.2, предъявляемым к сыворотке в потребительской таре.

Комплексные пищевые добавки «Лар», «Лазель» и гликолакт также вводили в состав рецептуры плавленых сыров, где они проявляли бактерицидные и фунгицидные свойства (табл. 21.8).

Таблица 21.8. Микробиологические показатели плавленых сыров «Волгоградские» после хранения в течение 1 мес. при температуре $(8 \pm 2)^\circ\text{C}$

Наименование показателей	Требования СанПиН	Значения			
		Контроль (без добавки)	С «Лар»	С «Лазель»	С гликолактом
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$1 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	0,1	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г	25	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Плесени КОЕ/г, не более	100	200	Не обнаружены	10	30
Дрожжи КОЕ/г, не более	100	120	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

Сыры плавленые с пищевыми добавками «Волгоградские» обладали следующими органолептическими показателями:

- вкус и запах — слегка сладковатый, без постороннего запаха;
- консистенция — нежной, пластичной, однородной по всей массе сыра;
- цвет — светло-желтый.

На основе пищевых комплексных добавок «Лар», «Лазель» и гликолакт разработаны технические документации на пастеризованное молоко «Волгоградское», напиток из сыворотки «Напиток кисломолочный сывороточный» и плавленые сыры «Волгоградские».

Сотрудники Поволжского НИИПП разработали на основе лактулозы биологически активную добавку «Цикола», которую совместно с 10%-ным спиртовым раствором прополиса вводят в молочные продукты питания для повышения их пищевой и биологической ценности. «Цикола» — концентрат лактулозы и корня цикория, представляет собой сироп янтарного цвета, сладковатого с горчинкой вкуса. В результате проведенных исследований установлено: внесение БАД «Цикола» до 2% и настойки прополиса до 0,1% не изменяют природу вкуса и запаха продукта; биологически активная добавка «Цикола» при внесении в молоко способствует росту мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в процессе хранения при температуре 10°C , что обусловлено содержанием фруктозосодержащих углеводов; а раствор прополиса оказывает явное бактерицидное действие и способствует стабильности кислотности в процессе хранения.

«Циколу» можно также использовать при производстве биоюогурта совместно с раствором чаги, который готовят с глицином. Установлено, что добавление 1% глицина в водный раствор чаги способствует увеличению сроков хранения раствора чаги при температуре 20 °С на 72 ч.

В результате проведенных исследований установлено:

- внесение БАД «Цикола» до 2% и водного раствора чаги, массовой долей 10 г на 100 г продукта придает продукту более вязкую консистенцию приятный вкус и аромат;
- фруктозосодержащие углеводы БАД «Цикола» и водный раствор из чаги с глицином при внесении в биоюогурт способствовали росту молочнокислых микроорганизмов, бактерий молочной ацидофильной палочки и бифидобактерий, и на конец срока годности КОЕ в 1 г продукта в сравнении с контролем было на порядок выше и соответствовало ГОСТ Р 51331–99 «Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия»;
- кислотность к концу срока годности была в пределах нормы и составляла: для опытных образцов – 120 °Т, для контрольных – 90 °Т;
- установлено, что в водном растворе чаги содержатся оксифенолкарбоновые кислоты и их хиноны, полифенолы, полисахариды, калий, кальций, магний, кремний, марганец, являющиеся рекомендуемыми биологически активными и пищевыми веществами в рациональном питании.

Также обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения в производстве кисломолочных продуктов детского питания новых комплексных пищевых добавок на основе лактулозы «Мед топинамбурный» и «Тодикамп-лакт», которые способствуют росту бифидо- и лактобактерий. Экспериментальными исследованиями установлено: что внесение пищевых добавок «Мед топинамбурный» и «Тодикамп-лакт» в количестве 2 г на 100 г продукта способствуют росту молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий при температуре хранения (4 ± 2) °С (рис. 21.2).

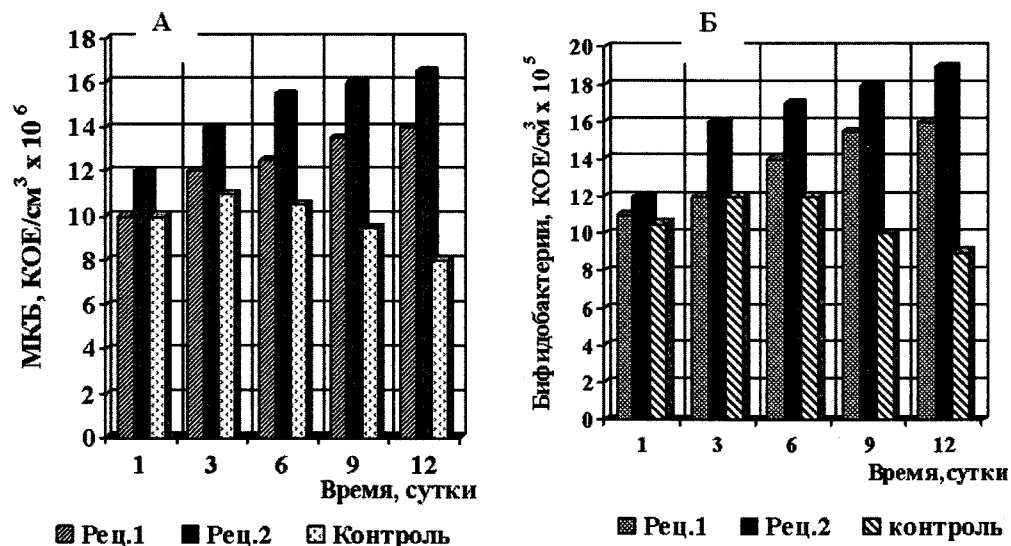


Рис. 21.2. Динамика развития молочнокислых бактерий (А) и бифидобактерий (Б) в кисломолочных продуктах в процессе хранения: рецептура 1 — с пищевой добавкой «Мед топинамбурный», рецептура 2 — с «Тодикамп-лакт» и контроль — без пищевой добавки

Клинические наблюдения в условиях больницы показали, что употребление молочных продуктов с лактулозными добавками способствует повышению иммунного статуса, служит противовирусной и противoinфекционной защитой и повышает устойчивость организма к стрессовым воздействиям.

21.4.2. Применение биологически активных комплексов на основе лактулозы в мясной промышленности

Комплексные пищевые добавки «Лар» и «Лаэль» вводят в состав сырокопченых колбас, что придает им функциональные свойства, безопасность при хранении и увеличение сроков хранения. Определены оптимальные дозы внесения пищевых добавок. Установлено, что применение пищевых добавок: «Лар» в количестве 0,7 кг, «Лаэль» — 0,7 кг, способствует интенсификации производства сырокопченых колбас, снижению КМАФАнМ, КОЕ/г на 20 % и 19 % в сравнении с контролем соответственно, росту молочнокислых бактерий на 20 суток на 20 % с добавкой «Лар». Пищевая добавка «Лаэль» является средством ингибирующим плесневые грибы. Пероксидное число в опытных партиях сырокопченых колбас по истечении 4 месяцев хранения составляет в образце с «Лар» — 0,097 % йода, в образце с «Лаэль» — 0,085 % йода, в контроле — 0,154 % йода; кислотное число — 5,18, 4,54 и 8,23 мг КОН/на 1 г жира соответственно.

Разработаны сбалансированные рецептуры вареных колбасных изделий для детского питания с использованием белковых концентратов и биологически активных добавок «Лактофит», «Лактофлекс», «Лактумин», «Кумелакт». «Кумелакт» — биологически активная добавка представляет собой медовый экстракт из проросших семян тыквы с лактулозой; «Лактофит» — медовый экстракт из топинамбура, свеклы, моркови, тыквы, проросших семян рапса, нута с добавлением тыквенного, рапсового масла, яблочной кислоты с лактулозой; «Лактумин» — медовый экстракт топинамбура с добавлением янтарной кислоты с лактулозой; «Лактофлекс» — медовый экстракт из календулы, одуванчика, мяты, солодки, проросших семян тыквы, нута, рапса с добавлением янтарной кислоты с лактулозой. Биологически активные добавки «Кумелакт», «Лактофит», «Лактумин» и «Лактофлекс» являются источником лактулозы, содержат полифенольные соединения, флавоноиды, инулин, β -каротин, каротиноиды, токоферолы, фосфолипиды, ненасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты, пектин, силимарин, эфирные масла, комплекс витаминов, микро- и макроэлементов, янтарную кислоту и другие органические кислоты.

Выработаны опытно-промышленные партии продуктов. Вареные колбасные изделия получили высокую органолептическую оценку, по показателям безопасности соответствовали требованиям, предъявляемым к мясным продуктам для детского питания, и обладали повышенной пищевой и биологической ценностью.

21.5. Медицинские аспекты применения сывороточных белков

Молочная сыворотка содержит около 20 % белков от общего их количества в цельном молоке. Более 20 лет ученые ведут исследования с целью выявить, насколько эти белки способны влиять на иммунную систему. Установлено, что в молочной сыворотке находятся белковые вещества, обладающие лечебными или лечебно-профилактическими свойствами. Это некоторые виды аминокислот, пептиды (небелковый азот, гликомакропептиды и т. д.), лактоферрин, лактопероксидаза, гликопротеин и, конечно, ангиогенин.

Сывороточные белки являются хорошим природным источником аминокислот, со сбалансированным аминокислотным составом (*R. R. Wolfe*, США). Их введение в состав продуктов, относящихся к категории «спортивное питание», стимулирует синтез белка в мускулах, что способствует наращиванию мышечной массы и силы [27, 28].

Содержащиеся в сыворотке **аминокислоты с разветвленной цепью** выполняют в организме роль стимулятора иммунной системы. Они могут обеспечивать поступление энергии непосредственно к мышечной ткани и после выполнения физических упражнений, предотвращают падение уровня глутамина, который является метаболическим топливом, необходимым для функционирования иммунной системы. Опубликованные в журнале *Sports Medicine* результаты проведенных в 1996 г. исследований концентрата сывороточного белка показывают, что аминокислоты с разветвленной цепью используются исключительно для производства глутамина в мышцах. Дополнительный прием таких аминокислот перед физическими упражнениями позволяет предотвратить снижение уровня производства лимфоцитов и таким образом избежать обычного в этих случаях падения концентрации глутаминна в плазме крови [32]. Результаты более позднего исследования по изучению аминокислот с разветвленной цепью и глутаминна опубликованные в журнале *Medicine & Science in Sports & Exercise* за 2002 г. Они показали, что добавление к суточному рациону 1,5 г изолята сывороточного белка на 1 кг массы тела в течение 11 недель способно обеспечить поддержание на постоянном уровне концентрации глутаминна в плазме при активных занятиях спортом или физическими упражнениями, а также больше увеличивает мышечную силу, чем казеин.

Некоторые аминокислоты (особенно **лейцин**), присутствующие в сывороточных белках при попадании в организм влияют на гомеостаз глюкозы и обладают инсулинотропным действием (стимулируют транспорт глюкозы в мышечные ткани), стимулируют ресинтез гликогена в мышцах и в печени. Это очень важно для восстановления организма, особенно спортсменов, после усиленных тренировок [29]. Употребление на ранней стадии восстановления сил напитков, в состав которых входят углеводы и сывороточный белок или его гидролизаты, приводит к восстановлению мышечного белка и способствует более быстрому восполнению запаса гликогена.

Сывороточные белки также богаты **цистеином**, предшественником глутатиона — сильно-го антиоксиданта, который защищает организм человека от отрицательного влияния радиационного облучения, ультрафиолетового излучения, химиотерапии и токсинов, например, алкоголя. В качестве нейтрализатора тяжелых металлов он способствует излечению заболеваний крови и печени. Глутатион играет большую роль в предупреждении рака, особенно рака печени; замедляет процессы старения. *DMV International (Fraser, США)* выпустили по запатентованной технологии гидролизаты сывороточных белков, концентрация цистеина в которых была выше, чем в сывороточных белках. Коммерческое название этого продукта *Cysteine Pepton*. Испытания, проведенные на животных, показали, что в печени крыс цистеин дозозависимо трансформировался в глутатион.

Кроме того, сыворотка, являясь высококачественным источником белка со сбалансированным аминокислотным составом, стимулирует выработку **лептина** (гормона насыщения). Гормон насыщения, синтезируемый клетками кишечника при поступлении в него белковой пищи, всасывается в кровь и подавляет чувство голода. Таким образом, продукты, содержащие сывороточный белок, можно использовать людям с избыточной массой тела.

Особое внимание исследователей привлекает **α -лактальбумин**, который обладает рядом физиологических свойств, очень важных, в частности, в грудном возрасте [30]. Прежде всего, в α -лактальбумине содержится высокий уровень особенно важных для грудного ребенка аминокислот (триптофана 4–5%, лизина — 11%, цистеина — 6%). Причем гомологическое совпадение аминокислотного состава грудного и коровьего α -лактальбумина составляет 74%. Кроме того, α -лактальбумин способствует росту бифидофлоры в кишечнике у детей. α -Лактальбумин обладает способностью связывать кальций и цинк и ускоряет их

всасывание. При его переваривании образуются пептиды, обладающие антибактериальными и иммуностимулирующими свойствами. α -Лактальбумин, используемый как добавка при лечении почечных заболеваний, корректирует низкий уровень сывороточного альбумина и гемоглобина/гематокрит в крови [31].

Гидролизаты сывороточных белков содержат большое количество биоактивных пептидов, которые оказывают лечебное действие при гипертониях, заболеваниях сердечно-сосудистой системы [32]. Компоненты, выделяемые из сывороточных белков эффективны также при лечении ВИЧ-инфекций, онкологических и почечных заболеваниях, а также могут выступать как иммуномодуляторы. Ферментативный гидролиз высокоспецифичными протеазами сывороточных белков делает доступными некоторые биологически активные пептиды, такие как лактоферрин и лактопероксидазу.

Лактоферрин — это железосодержащий гликопротеин, содержащийся в молозиве и в меньшей степени в молоке. Он является ключевым фактором врожденного иммунитета млекопитающих (в том числе человека), а его присутствие в биологических жидкостях и слизи (слюна, слезная жидкость, кровь, молоко) указывает на то, что этот белок входит в первую линию защиты организма млекопитающих против широкого спектра патогенных микроорганизмов, включая, бактерии, вирусы и микрофлору. Как было показано во многих клинических исследованиях, лактоферрин ингибирует рост таких микроорганизмов как: *Shigella dysenteriae*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* и др. Он обладает и противовирусной активностью (ВПГ1, цитомегаловирус). Помимо прямого защитного эффекта **лактоферрин** обладает следующими видами активности: антибактериальной, антивирусной, противогрибковой, антиоксидантной, он также является иммуномодулятором, противоопухолевым агентом, и другими. В силу столь широкого спектра свойств и активностей **лактоферрин** получил название «природный антибиотик» [33].

Каждые год или два исследователи открывают новую активность лактоферрина, например, протеолитическую активность, способность ингибировать образование бактериальной пленки, активацию роста костных клеток. Большинство этих свойств можно отнести к защитной функции, но проявление этих активностей определяется различными механизмами действия молекулы лактоферрина. Уже известные свойства этого вида сывороточного белка открывают широкие возможности для использования его как терапевтического агента при различных заболеваниях.

Основной особенностью лактоферрина, определяющей спектр его многочисленных функций является его способность специфически связывать ионы железа и некоторых других металлов переходной группы. Функции, в основе которых лежит комплексообразующая способность лактоферрина — детоксицирующая, транспортная, антимикробная. Создавая и поддерживая дефицитную по катионам железа и других металлов переменной валентности, необходимых для роста бактерий среду, лактоферрин является одним из ведущих молекулярных факторов, сдерживающих размножение и рост бактерий и низших грибов на поверхности барьерных эпителиев.

В ходе клинических исследований было выявлено, что применение лактоферрина с функциональными продуктами оказывает положительное действие на пациентов, имеющих следующие заболевания: хронический гепатит С, дермифития стопы, полипоз толстой кишки, и др. Кроме того, доказана роль лактоферрина как иммуномодулятора, поэтому его применяют при сниженном иммунитете [32, 34, 35, 36].

Лактоферрин применяют также в стоматологии при лечении воспалительных процессов, возникающих при инфицировании поддесневых карманов периодонтальными болезнетворными микроорганизмами. В полости рта имеется большое количество микроорганизмов, которые, с одной стороны, адаптированы к анаэробным условиям десневых карманов, а с другой стороны — обладают способностью удерживаться на поверхности зубов.

Важным звеном иммунопатогенетической терапии в лечении воспалительных процессов слизистой оболочки полости рта является воздействие на местный иммунитет. В последнее время предлагается большое количество иммунорегуляторов местного действия, в частности применение лактоферрина, который обладает антибактериальной активностью против периодонтальных болезнетворных микроорганизмов — *Porphyromonas gingivalis* и *Prevotella* [37].

Лактопероксидаза — один из наиболее активных антимикробных ферментов молозива. По химической природе представляет собой гликопротеин, содержащий гемовую группу (с Fe^{+3}). В период лактации лактопероксидаза обладает антимикробной активностью по отношению к *Streptococcus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*.

κ-Казеин-гликомакропептид, полученный из подсырной сыворотки можно использовать при производстве продуктов и напитков для людей, страдающих фенилкетонурией. Это единственный известный диетический белок, который не содержит ароматических аминокислот, в том числе и фенилаланина [38].

21.6. Применение молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в профилактике и лечении животных

С. Луфф [33] и Н.П. Дерягин [18] показали широчайшие возможности применения объектов монографии в терапии «братьев наших меньших». Практические наработки в области ветеринарии весьма обширны и касаются главным образом препаратов на основе биотехнологической обработки молочной сыворотки [39] чистой культурой ацидофильной палочки, адаптированной и совместимой с молочной отраслью. В свое время по заданию партийных органов на Государственном уровне в СКФ ВНИИМС была разработана, а отраслью реализована многотоннажная (млн. тонн) Программа по обогащенной молочной сыворотке [40]. Эту же задачу на высочайшем уровне выполняют препараты многофункционального назначения «Биобактон» и «Лактобрил» [23, 24]. Иммуномодуляторы для птицеводства на основе молочной сыворотки, лактозы и сывороточных белков разработаны на Украине [41]. ООО «АЛО Агропромпродсервис» предлагает ветпрепарат Редиар (замена антибиотиков) с использованием лактозы и сухой молочной сыворотки [42]. Системные исследования творческого коллектива академика И. Ф. Горлова (Поволжский НИИПП) позволяют рекомендовать следующие альтернативные варианты ветсредств в виде кормовых добавок с пребиотиком лактулозой.

Комплексный препарат «Бишолокт»

С целью обогащения рационов растущих поросят лактулозой и минеральными веществами учеными Волгоградского НИТИ мясомолочного скотоводства и переработки продукции животноводства разработан комплексный препарат «Бишолокт». В состав данного препарата включены лактулоза и бишофит.

В связи с этим большой научный и практический интерес представляют проведенные исследования по изучению мясной продуктивности и физиологических показателей растущих поросят, качества свинины, полученной при использовании в рационах нового препарата «Бишолокт». Для проведения опыта были сформированы три группы поросят в возрасте 12 дней по 30 голов в каждой, находящихся под свиноматками (по 10 голов у каждой). Подбор групп был произведен по принципу аналогов. Научно-хозяйственный опыт проходил в течение 231 дня. В этот период животные контрольной группы получали хозяйственный

рацион, поросят I опытной группы получали хозяйственный рацион с добавлением лактулозы в количестве 0,1 мл на 1 кг живой массы в сутки, поросят II опытной группы получали хозяйственный рацион с добавлением препарата «Бишولاкт» из расчета 0,6 мл на 1 кг живой массы. Рационы для подопытных животных были разработаны по нормам Всероссийского института животноводства и корректировались по периодам выращивания с учетом химического состава и питательности комбикорма.

В результате проведенных исследований было установлено, что, начиная с 30-дневного возраста и на протяжении всего опыта, животные опытных групп превосходили своих сверстников из контрольной группы по живой массе (табл. 21.9).

Таблица 21.9. Динамика среднесуточных приростов живой массы подопытных подсвинков, г

Возрастной период, дн.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
12–30	204 ± 2,85	206 ± 2,49	206 ± 2,00
30–60	350 ± 3,53	354 ± 3,39	358 ± 2,58
60–120	383 ± 3,47	394 ± 2,94	402 ± 2,85
120–180	625 ± 3,04	652 ± 4,22	671 ± 3,67
180–243	729 ± 3,97	774 ± 3,75	805 ± 3,43
12–243	522 ± 1,52	545 ± 1,49	561 ± 1,88

За период опыта абсолютный прирост живой массы подсвинков по контрольной группе составил 120,58 кг, I опытной — 125,88 кг и II опытной группе — 129,57 кг. В одинаковых условиях содержания подсвинки, получавшие в дополнение к основному рациону лактулозу и комплексный препарат «Бишولاкт», проявили более высокую интенсивность роста.

С целью изучения мясной продуктивности был проведен контрольный убой подопытных свиней в возрасте 243 дней, по 3 головы из каждой группы. Данные контрольного убоя показали, что включение в состав рационов молочных поросят лактулозы и комплексного препарата «Бишولاкт» оказало положительное влияние как на рост и развитие подопытных животных, так и на формирование их мясной продуктивности (табл. 21.10).

Таблица 21.10. Результаты контрольного убоя подопытных животных

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Предубойная живая масса, кг	121,8±1,05	126,3±0,95	130,8±1,09
Масса парной туши, кг	69,93±0,61	74,97±0,44	79,16±0,70
Выход туши, %	57,44±0,37	59,36±0,36	60,52±0,78
Убойная масса, кг	73,0±0,61	78,0±0,43	82,1±0,67
Убойный выход, %	59,96±0,4	61,73±0,33	62,79±0,82
Длина туши, см	103,1±1,28	108,7±1,48	111,2±1,6
Площадь «мышечного глазка», см ²	32,1±0,15	32,9±0,09	33,4±0,10
Толщина шпика, см	3,37±0,03	3,10±0,06	2,9±0,06

Полученные данные контрольного убоя свидетельствуют о том, что по выходу продуктов убоя преимущество имели подсвинки опытных групп, потреблявшие с рационом кормовые добавки:

- увеличение среднесуточного прироста животных на 23–39 г;
- увеличение убойной массы на 6,85–12,47 %;
- увеличение убойного выхода на 1,77–2,83 %.

Экономическая эффективность производства свинины в денежном выражении оказалась выше в опытных группах. Несмотря на дополнительные затраты, связанные с использованием лактулозы и комплексного препарата «Бишолакт», уровень рентабельности в опытных группах по сравнению с контрольной повысился соответственно на 5,2 и 8,8 %.

Биологически активные добавки с лактулозой «Кумелакт», «Лактумин» и «Цикола».

Впервые в условиях Нижнего Поволжья проведены комплексные исследования по изучению влияния БАД «Кумелакт» и «Лактумин» в рационах подсвинков на их мясную продуктивность. Был проведен научно-хозяйственный опыт по скормливанию подсвинками лактулозосодержащих препаратов «Кумелакт» (I опытная группа) и «Лактумин» (II опытная группа). В процессе исследования было установлено, что животные опытных групп в возрасте 195 дней превосходили аналогов из контрольной группы по живой массе на 9,6 кг, или 2,6 % и на 7,8 кг, или 7,1 %. Среднесуточный прирост подсвинков за период от 45 до 195 дневного возраста составил соответственно 578,0; 594,7 и 630,7 г.

Результаты контрольного убоя показали, что подсвинки I и II опытных групп превосходили по массе парной туши аналогов из контроля соответственно на 4,99 и 9,05 %, убойному выходу на 2,01 и 3,20 %. В мясе животных опытных групп по сравнению с контролем содержалось больше общего белка на 0,46 и 0,66 %. Подсвинки, потребляющие с рационом препарат «Лактумин» в сравнении с контролем синтезировали в мякоть туш сухого вещества больше на 2,03 кг, или 3,8 %, протеина на 1,36 кг, или 3,09 %. Уровень рентабельности производства свинины в опытных группах был выше, чем в контроле на 3,3 и 10,5 %.

БАД «Кумелакт», «Лактумин», а также «Цикола» вводили в состав рациона молодняка КРС для увеличения живой массы и улучшения мясных качеств бычков. Научно-хозяйственные испытания проводились на новой высокотехнологичной породе мясного скота «Русская комолая» (свидетельство № 47604 от 26.11.2007 г.), которая характеризуется высокими показателями адаптационной способности и естественной резистентности, оптимальными продуктивными и технологическими качествами.

Было сформировано четыре группы бычков в возрасте 8 мес. по 15 голов в каждой, бычкам I группы вводили препарат «Лактумин», II группы — «Кумелакт» и III группы — «Цикола» из расчета 100 мг на 1 кг живой массы. Бычки контрольной группы содержались на общем хозяйственном рационе.

В результате эксперимента установлено, что бычки, получавшие с рационом биологически активные добавки, интенсивнее росли. В возрасте 15 мес. они превосходили аналогов из контроля по живой массе на 6,40; 8,95 и 7,39 %. Из числа опытных групп наиболее высокой живой массой обладал молодняк II группы, потреблявший с рационом препарат «Кумелакт». При этом биологически активные добавки оказали положительное влияние на формирование их мясной продуктивности. По массе парной туши бычки опытных групп превосходили аналогов из контроля 5,45; 10,22 и 7,92 %, по убойному выходу на 0,15; 0,77 и 0,19 %. Индекс мясности у них был больше в сравнении с контролем на 0,10; 0,22 и 0,14 %. Химический состав мяса подопытных животных приведен в табл. 21.11.

Таблица 21.11. Химический состав мяса подопытных животных, %

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Средняя проба мякоти туши				
Влага	69,35±0,23	67,41±0,30	66,30±0,19	67,05±0,23
Сухое вещество	30,65±0,19	32,59±0,27	33,70±0,16	32,95±0,23

Окончание табл. 21.11

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
в т. ч.: белок	18,32±0,03	18,70±0,03	19,04±0,09	18,87±0,06
жир	11,30±0,03	12,83±0,05	13,59±0,08	13,02±0,05
зола	1,03±0,01	1,06±0,01	1,07±0,01	1,06±0,01
Длинейший мускул спины				
Влага	77,55±0,15	76,89±0,10	76,36±0,17	76,64±0,14
Сухое вещество	22,45±0,12	23,11±0,07	23,64±0,16	23,36±0,09
в т. ч.: белок	19,21±0,09	19,52±0,12	19,86±0,07	19,70±0,10
жир	2,24±0,02	2,57±0,02	2,75±0,03	2,63±0,02
зола	1,00±0,01	1,02±0,01	1,03±0,01	1,03±0,01

Уровень рентабельности производства говядины в опытных группах был выше, чем в контроле соответственно на 6,9; 16,5 и 11,8 %.

Биологически активные добавки на основе лактулозы «Лактонут», «Лактусил»

Для стимуляции молочной продуктивности коров в период раздоя можно использовать новые биологически активные добавки «Лактонут» и «Лактусил», которые помимо лактулозы обогащены селеном. За период раздоя удой коров опытных групп был выше, чем в контроле, на 416 и 532 кг молока. При этом улучшился качественный состав молока (табл. 21.12).

Использование селенсодержащих препаратов вызвало повышение титруемой кислотности молока на 0,16–0,31 °Т и сокращение срока сычужной свертываемости молока соответственно в I опытной группе — на 7,75 мин или 17,6 %, во II опытной группе — на 10,74 мин или 25,3 %.

Таблица 21.12. Химический состав и технологические свойства молока подопытных коров (после 180 дней использования препаратов)

Показатели	Группа		
	Контрольная	I опытная (с «Лактонут»)	II опытная (с «Лактусил»)
Удой за сутки, кг	14,0±0,41	16,6±0,58	17,4±0,39
Жир, %	3,92±0,04	3,98±0,03	4,28±0,04
Белок, %	3,21±0,02	3,33±0,03	3,45±0,03
в т. ч. казеин, %	2,81±0,03	2,93±0,02	2,98±0,03
Сахар, %	4,70±0,04	4,89±0,03	5,01±0,03
Сухое вещество, %	12,62±0,05	13,02±0,07	13,64±0,05
СОМО, %	8,70±0,04	9,04±0,06	9,36±0,04
Зола, %	0,79±0,01	0,82±0,01	0,90±0,01
Селен, мг/кг	0,022±0,001	0,036±0,003	0,039±0,002
Плотность, г/см ³	1,031±0,01	1,033±0,02	1,033±0,01
Титруемая кислотность, °Т	17,26±0,14	17,49±0,16	17,57±0,23
Сычужная свертываемость, мин	42,40±3,16	34,95±3,84	31,66±3,29

Уровень рентабельности производства молока по группам коров, потреблявших БАД «Лактонут» и «Лактусил» был выше, чем в контроле на 12,5 и 3,85 %.

Антистрессовые препараты с лактулозой «Гликолакт», «Тодикамп-Лакт» и «ЛАР-СУ» (LAR-SU)

Как при промышленном, так и мелкотоварном производстве мяса, значительные потери мясного сырья происходят из-за воздействия на организм животных технологических стресс-факторов. В период стрессовых ситуаций ослабляется естественная резистентность организма животных, происходит потеря продукции, снижается экономическая эффективность ее производства.

Перспективным направлением в решении данного вопроса является применение в практике животноводства антистрессовых препаратов на растительной основе, минеральных веществ, аминокислот, антиоксидантов, например препаратов с лактулозой «Гликолакт», «Тодикамп-Лакт» и «ЛАР-СУ» (LAR-SU), которые также используются в качестве БАД при производстве мясных и молочных продуктов.

Были проведены научно-хозяйственные испытания на бычках абердин-ангусской породы. Условия содержания и общий уровень кормления животных всех групп были одинаковыми. Различие заключалось в том, что в течение пяти суток до и после воздействия технологического стресс-фактора бычкам I опытной группы скармливали в расчете на 1 кг живой массы 100 мг препарата «Гликолакт», II опытной группы — 100 мг «Тодикамп-Лакта» и III опытной группы — 100 мг «ЛАР-СУ».

Научно-хозяйственные испытания, проведенные на поголовье молодняка КРС (бычках) показали, что животные, получавшие в период технологических стрессов антистрессовые препараты, превосходили по живой массе животных контрольной группы уже в первые месяцы эксперимента. Так, бычки I, II и III опытных групп по данному показателю превосходили аналогов из контроля в 9-месячном возрасте на 2,8; 3,4 и 2,9%, в 12 мес. — на 3,7; 8,1 и 4,9%, в 14 мес. — на 3,1; 7,0 и 3,5%, в 16 мес. — на 3,7; 7,6 и 4,3%. В возрасте 16 мес. живая масса бычков контрольной группы составила 414,3 кг, I опытной группы — 429,7, II опытной группы — 445,8 и III опытной группы — 432,1 кг.

При этом установлено, что различные препараты оказывали неодинаковое действие на организм животных в период стрессовых ситуаций. Так, наиболее высокой живой массой характеризовались бычки II опытной группы, потреблявшие препарат «Тодикамп-Лакт». Они превосходили в возрасте 16 мес. по живой массе аналогов из I опытной группы на 16,1 кг, или 3,7%, и III — на 13,7 кг, или 3,2%. Среднесуточный прирост бычков I, II и III опытных групп был выше в сравнении с контрольными аналогами соответственно на 7,1; 16,6 и 8,7% (табл. 21.13).

Таблица 21.13. Среднесуточный прирост живой массы подопытных бычков

Возраст, мес.	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
8–9	530,0±11,41	693,3±10,93	820,0±12,80	730,0±11,61
9–10	683,3±10,82	813,3±11,52	963,3±13,64	820,0±12,38
10–11	760,0±13,26	873,3±12,30	893,3±11,47	906,7±10,24
11–12	803,3±12,63	723,3±10,26	946,7±12,12	793,3±13,75
12–13	960,0±11,72	946,7±12,41	960,0±13,08	950,0±12,12
13–14	953,3±12,24	973,3±10,94	976,7±11,41	883,3±13,60
14–15	920,0±11,85	950,0±12,12	986,7±10,84	970,0±14,08
15–16	803,3±12,71	913,3±10,60	943,3±11,20	930,0±10,91

Наиболее существенное влияние на ослабление действия стрессовых ситуаций изучаемые препараты оказали в первые месяцы опыта. Влияние антистрессовых препаратов на среднесуточный прирост массы в первые месяцы опыта и на потерю живой массы в последние месяцы опыта в зависимости от стрессовых факторов показано в табл. 21.14.

Таблица 21.14. Влияние стресс-фактора на среднесуточный прирост и потерю живой массы

Стрессовый фактор	Увеличение среднесуточного прироста, %			Сокращение потери живой массы, %		
	I опытная группа	II опытная группа	III опытная группа	I опытная группа	II опытная группа	III опытная группа
Отъем телят от матерей и формирование групп	Возраст 8–9 мес.			Не определяется		
	30,8	54,7	37,7			
	Возраст 9–10 мес.					
	19,0	41,0	20,0			
Транспортировка на мясокомбинат	Не определяется			1,7	2,2	1,9
Преддубовая выдержка на мясокомбинате				2,2	3,1	2,6

Животные контрольной группы были менее стрессоустойчивы в сравнении с аналогами, потреблявшими антистрессовые препараты. При этом самые низкие потери живой массы наблюдались у бычков, потреблявших препарат «Тодикамп-Лакт».

Таким образом, применение препаратов «Гликолакт», «Тодикамп-Лакт» и «ЛАР-СУ» для коррекции технологических стрессов экономически выгодно. Оно позволяет уменьшить затраты кормов на 1 кг прироста на 3,7; 8,6 и 4,9%, повысить уровень рентабельности производства говядины на 6,2; 16,4 и 8,6%.

Г. Б. Гавриловым [13] подобран компонентный состав для белково-углеводной добавки, обогащенной концентратом лактулозы «Лазет», предназначенной для нормализаций микрофлоры желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных. Получены положительные результаты при проведении исследований применения кормовой добавки с лактулозой как компонента питания сельскохозяйственных животных. Экспериментально установлено увеличение содержания бифидобактерий в желудочно-кишечном тракте животных в 100 и более раз.

В исследованиях также доказано, что применение кормовой добавки «Лазет-Вита» в рационах цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 с суточного возраста повышает уровень неспецифической резистентности, улучшает белковый и витаминный обмен в организме птицы, не изменяя физиологические закономерности происходящих в организме биохимических процессов. «Лазет-Вита» оказывает положительное влияние на рост молодняка: живая масса опытных цыплят в зависимости от режимов кормления и доз внесения превышает контроль в месячном возрасте до 2,2%, а в 40-дневном возрасте до 2,9%, обеспечивает получение среднесуточного прироста живой массы за 40 дней выращивания на уровне 50,8–51,4 г, что превышает контроль на 1,6–2,8%, способствует снижению затрат кормов на 1 кг прироста на 1,0–2,6% по сравнению с контролем.

Показано, что оптимальной схемой применения кормовой добавки «Лазет-Вита» является введение ее в комбикорм с 1 до 40 дней выращивания в расчете 1,6 кг/тонну корма.

В ООО «АЛО Агропромпродсервисе» разработали на основе молочной сыворотки препарат комплексного действия, который является альтернативной заменой антибиотикам при лечении диарей молодняка сельскохозяйственных животных и птицы «Редиар» [42]. В его состав, помимо молочной сыворотки, входят клетчатка, пробиотики, глюкоза, электролиты (предотвращают потерю жидкости в организме и ацидоз), микроэлементы (Na, K, Mg, Cl), цитрат, лимонная кислота, витамин С, аминокислоты, ароматизаторы, дрожжи и экстракты трав (экстракт белладонны, кора дуба, цветки ромашки, плоды черемухи, корневище лапчатки).

«Редиар» — водорастворимый порошок, который комбинирует в себе вяжущие, адсорбирующие средства, регидранты и антисептики. Его можно растворять в молоке и ЗЦМ, таким образом, животное будет получать полноценное питание во время болезни. «Редиар» рекомендован к применению вне зависимости от того, какими причинами вызвана диарея (бактерии, вирусы, плохие условия содержания). Эффективность препарата составляет около 93 % (для сравнения, антибиотики эффективны лишь на 72 %), при этом за несколько лет применения препарата не было зафиксировано ни одного случая резистентности к нему бактерий.

Зарубежная информация по данной тематике [43] приведена в главе 20.

Все изложенное и упомянутое выше, а так же информация «по умолчанию» позволила проф. С. А. Рябцовой [14] предложить следующую редакцию рекламы лактулозы для животноводства (1999 г).

Важнейшая проблема современного промышленного животноводства — высокий уровень заболеваемости молодняка сельскохозяйственных животных дисбактериозами.

Ваших ягнят (поросят, телят, цыплят) замучил дисбактериоз?

Нормальной микрофлорой желудочно-кишечного тракта здоровых животных являются **бифидобактерии**. Они защищают организм от болезнетворных микроорганизмов, синтезируют витамины, аминокислоты, повышают иммунитет.

Им нужны бифидобактерии или вещества, поддерживающие их рост!

Для восстановления и поддержания нормального уровня защитной бифидофлоры необходимо включать в кормовые рационы бифидогенные вещества, к которым относится лактулоза.

Дайте им корма с лактулозой!

На кафедре технологий молока и молочных продуктов Ставропольского государственного технического университета (в настоящее время СевКавГТУ) разработаны технологии недорогих, но очень эффективных бифидогенных кормовых добавок (**БИКОДО**) из вторичного молочного лактосодержащего сырья, в котором часть лактозы трансформирована в лактулозу. К ним относятся:

- **БУД-1** — вырабатывается из несортного молочного сахара в сгущенном виде;
- **БИКОДО-С** — из молочной сыворотки в сгущенном или сухом виде;
- **БИКОДО-М** — из мелассы молочного сахара в сгущенном виде.
- **БИКОДО** относятся к новому поколению кормовых добавок, т. к. обладают:
- **высокой питательной и биологической ценностью**, обусловленной легкоусвояемыми белковыми и углеводными компонентами молочного сырья;
- **лечебно-профилактическими свойствами** благодаря бифидус-фактору — лактулозе;
- оптимальным минеральным составом, т. к. содержат не только минеральные компоненты молока, но и обогащены **кальцием**.

БИКОДО может использоваться самостоятельно или в сочетании с бакпрепаратами бифидобактерий.

Технология получения **БИКОДО** проверена на ряде сыродельных предприятий края.

БИКОДО испытаны специалистами СтГСХА и СтНИИЖК при выращивании телят, ягнят, поросят и цыплят. Получены хорошие результаты по снижению заболеваемости и повышению привесов.

Разработаны и утверждены «Методические рекомендации по приготовлению и использованию бифидогенных кормовых добавок в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных и птицы».

Следует обратить внимание, что на данной методологической базе, за прошедшие годы проведена колоссальная работа по созданию про-, пре- и синбиотиков для животноводства — кормовые добавки функционального назначения на основе лактулозы, описанные в главе 20.

21.7. Резюме по главе 21

В целом поле деятельности объектов монографии в освещенной выше области в достаточной степени четко сформировано. В то же время все исследователи, соприкоснувшиеся с феноменом и чудом из молока, единодушно отмечают, что «дело не закончено» и любознательных, особенно медиков, а так же ветеринаров, ждут неожиданные и интересные открытия по практическому применению молочной сыворотки, ее компонентов и их производных. Например, уникальный опыт профилактики антисальмонеллеза кур (вет- и медпрактика) препаратами лактозы, предложенный в свое время «спасителем человечества» из Канады *De Loach* [44], настоятельно просится в жизнь.

21.8. Литература к главе 21

1. *Whey* Материалы 2-й Международной конференции по сыворотке, г. Чикаго, США 27–29 октября 1997. Брюссель: Международная Молочная Федерация — 299 с.
2. *The Wonders of Whey... Catch the Power* Материалы 4-й Международной конференции по сыворотке, г. Чикаго, США. 11–14 сентября 2005. Чикаго, 2005—440 с.
3. *Whevolution* Материалы 5-й Международной конференции по сыворотке, г. Париж, Франция, 2008. — 46 с.
4. Вайнштейн, Х. И. Молочная сыворотка, ее свойства и применение [Текст]/Южно-Уральское книжное издательство, 1973. — 132 с.
5. Изобретатель и Рационализатор, № 8/90, 1990. — С. 90.
6. Синельников, Б. М. Лактоза и ее производные [Текст]/Б. М. Синельников, А. Г. Храпцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, В. А. Серов; науч. ред. акад. РАСХН А. Г. Храпцов. — СПб.: Профессия, 2007. — 768 с.
7. Конн, Г. О. Синдромы печеночной комы и лактулоза [Текст]/Г. О. Конн, М. М. Либертал, пер. с англ. Н. Г. Евсеева. — М.: Медицина, 1983—516 с.
8. Применение «Нормазе» в клинической практике. [Текст]/Под ред. проф. В. П. Яковлева//Материалы симпозиума 20.03.90, под. М., 1990—110 с.
9. Применение «Нормазе» в гериатрической практике. [Текст]//Материалы симпозиума 19.01.1991 г., М.: 1991. — 36 с.
10. Детские болезни. Учебник [Текст]/М.: Медицина, 1985 г.
11. Специальная брошюра фирмы «Фелициата Холдинг». — М.:, 2004.
12. Киселев, С. А. Использование лактулозы в создании нового класса антибиотиков [Текст]/С. А. Киселев//Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» — Москва, 2007. — С. 109–110.
13. Гаврилов, Г. Б. Исследование и разработка технологий функциональных компонентов и пищевых продуктов на основе комплексной переработки молочной сыворотки мембранными методами [Текст]/Дис.... д-р. техн. наук: наук: 05.18.04/Гаврилов Г. Б. — Ярославль, 2006. — 433 с.
14. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы [Текст]: Дис. ... док. техн. наук: 05.18.04/Рябцева С. А. — Ставрополь, 2001. — 362 с.
15. Бедных, Б. С. Использование различных углеводных компонентов в питании детей раннего возраста [Текст]/Б. С. Бедных, Т. А. Антипова, В. Н. Сергеев//Обзорная информация. Сер. Молочная промышленность. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1989. — 33 с.
16. Максимов, В. И. Кислотность кишечника как защитный фактор организма хозяина [Текст]/В. И. Максимов, В. Е. Родоман//Микробиология. — 1998. — № 4 — с. 96–101.
17. Максимов, В. И. Лактулоза и микроэкология толстой кишки [Текст]/В. И. Максимов, В. Е. Родоман, Бондаренко В. М./Микробиология. — 1998. — № 5. — с. 101–107.
18. Груновская, В. А. Использование бифидобактерий в рационах молодняка сельскохозяйственных животных [Текст]/Груновская В. А., Эрвольдер Т. М., Гудков С. А./Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1991. — 24 с.
19. Рамазанова, Л. А. Использование молочной сыворотки в технологии получения пищевых добавок [Текст]/Л. А. Рамазанова, Т. Н. Даубова, М. Дибирова//Переработка молока — 2008. — № 11. — С. 68–69.
20. Сафроненко, Л. В. Биологически активные добавки на основе молочной сыворотки [Текст]/Л. В. Сафроненко, О. В. Ласковнева//Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 50–51.
21. Бугров, С. А. Медико-биологическая характеристика продуктов по технологии «Био-Тон» [Текст]/С. А. Бугров, В. И. Некрасов//Новые промышленные технологии. — 2001. — Выпуск 5–6. — С. 6–8.
22. Мартинчик, А. Н. Использование концентратов «Био-Тон» в лечебно-профилактическом питании [Текст]/А. Н. Мартинчик//Новые промышленные технологии. — 2001. — Выпуск 5–6. — С. 9.
23. Гуденко, Ю. А. Применение «Лактобрила» в лечении различных видов циститов [Текст]/Ю. А. Гуденко//Новые промышленные технологии. — 2001. — Выпуск 5–6. — С. 17.

24. Щербакова, Э. Г. Сравнительная оценка свойств лактобацилл производственного штамма «Биобагстон» и «Ацилакт» [Текст]/Э. Г. Щербакова//Новые промышленные технологии. — 2001. — Выпуск 5–6. — С. 21–24.
25. Дубинин, А. В. Пробиотики или пребиотики: стратегия выбора (Пять тезисов гастроэнтеролога, или приглашение к дискуссии) [Текст]/А. В. Дубинин//Микробиология. — 2000, № 5 — С. 19.
26. Российская лактулоза — XXI век/Научные основы, производство и использование/под ред. А. Г. Храмова. — М.: МИИТ, 2001. — 110 с.
27. Wolfe, R.R. *Interaction of Exercise and Whey Protein to Promote Muscle Anabolism* [Text]/R.R. Wolfe//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 1–11.
28. Layman, D.K. *High Protein Diets in Weight Reduction: effects on fat mass, muscle mass and risk factors of the metabolic syndrome* [Text]/D.K. Layman//*Proceedings of the 5th International Whey Conference «Wheyvolution»*. — Paris, 2008.
29. Rankin, D. *Dietary Protein in an Endurance Recovery Beverage — What Is the Value of Whey?* [Text]/D. Rankin, A. Dairagh//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 13–23.
30. Булатова, Е. М. Питание и формирование кишечной микрофлоры у детей первых месяцев жизни [Текст]/Е. М. Булатова, Т. В. Габруская, О. К. Нетребенко//Педиатрия. — 2007. — № 3. — с. 84–89.
31. Wendy, L.J. *An Oral α -Lactalbumin Protein Supplement Significantly Improves Serum Albumin Profiles in an End-Stage Renal Disease Setting* [Text]/L.J. Wendy//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 115–119.
32. Pins, Joel J. *The Effects of Hydrolyzed Whey Peptides on Cardiovascular Disease Risk Factors in Midly Hypertensive Men and Woman* [Text]/Joel J. Pins, Harinder Kaur, Joseph M. Keenan//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 99–14.
33. Сыворотка как средство укрепления иммунитета [Текст]/Перевод статьи С. Луфф *The Whey to Immunity*//Переработка молока. — 2006. — № 2. — С. 39–41.
34. Kruzel, M. *Effects of Lactoferrin on Stress-Related Immune Dysfunction in Mice and Humans* [Text]/M. Kruzel, J. Artym, G. Chodaczek//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 121–131.
35. Korhonen, H. *Antibacterial and Activities of Whey Proteins* [Text]/H. Korhonen//*Proceedings of the 3rd International Whey Conference «The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition»*. — Munich, 2001. — p. 303–322.
36. Steijns, J.M. *Whey Proteins as Fuctional Food Ingredients* [Text]/J.M. Steijns//*Proceedings of the 3rd International Whey Conference «The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition»*. — Munich, 2001. — p. 323–334.
37. Kouichirou, Shin. *Application of antimicrobial proteins lactoferrin and lactoperoxidase for oral hygiene* [Text]/Kouichirou Shin//*Proceedings of the 5th International Whey Conference «Wheyvolution»*. — Paris, 2008. — p. 44–46.
38. Ney, D.M. *Efficacy of Glycomacropeptide in the Nutritional Management of Phenylketonuria* [Text]/D.M. Ney, A.K. Draxler, S.C. van Calcar, S.T. Gleason, K.L. Nelson, M.R. Etzel//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 148–159.
39. Тутов, И. К. Основы биотехнологии ветеринарных препаратов [Текст]/И. К. Тутов, В. И. Ситков. — Ставрополь. — 1997. — 253 с.
40. Шиловская, Т. Е. Производство обогащенной молочной сыворотки и ее использование в кормах для сельскохозяйственных животных [Текст]/Т. Е. Шиловская, Бастрыкина Н. А.//Обзорная информация. Сер. Цельномолочная промышленность. — М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1982. — 18 с.
41. Киндя, В. И. Получение и анализ иммуномодуляторов для птицеводства на основе компонентов молочной сыворотки и биомассы мицелиального гриба *Blakeslea trispora* [Текст]/В. И. Киндя, О. В. Калинин, Н. В. Божко//Материалы 4-й Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», 12–16 марта, 2007 г. — М. — 2007. — С. 168–169.
42. Бетлинг, Е. С. Редипар — альтернатива антибиотикам при лечении диарей молодняка животных [Текст]/Е. С. Бетлинг//Зооиндустрия. — 2005. — № 8–9. — С. 10–11.
43. Halpin, K.M. *Specialized Whey Products for the Pet Food Industry: Opportunities and Challenges* [Text]/K.M. Halpin, J.E. Sullivan, R.M. Trotter//*Proceedings of the 4th International Whey Conference «The Wonders of Whey ...Catch the Power»*. — Chicago, 2005. — p. 429–437.
44. «Наука и жизнь», № 11, 1989. — с. 59.

Глава 22

Использование молочной сыворотки в технических целях

22.1. Общие положения

Следует сразу же заметить, что техническое использование молочной сыворотки в целом, ее компонентов и тем более их производных должно рассматриваться как вынужденный или специально обоснованный, в т. ч. экономически, вариант применения. В этом плане на первое место, после пищевых и кормовых целей, выступает использование молочной сыворотки, после сепарирования и удаления сывороточных белков (ультрафильтраты) для полива, удобрения и даже «лечения» земли и растений. Такой опыт в мировой практике имеется [1] и в случае слива больших масс сыворотки, либо проблем использования на уровне фермерского хозяйства, он может быть востребован.

В монографии, с учетом имеющегося в нашем распоряжении информационного файла, исключительно для информации, приводится возможность использования молочной сыворотки в строительстве, пенообразовании и пеноразрушении (пеногашении), а также в качестве регулятора роста в растениеводстве. Проблема использования воды из молочной сыворотки в виде конденсата вторичных паров от сгущения и сушки актуальна и решена блестящими разработками ВНИМИ [2]. Отдельный вопрос — получение на основе компонентов молочной сыворотки биотоплива (метан, спирты). Он представляет практический интерес, лежит в области биотехнологии и должен рассматриваться отдельно, например, как это сделано в монографии М. В. Залашко [3]. Эксклюзивы на уровне устранения накипи в моторах кислой очищенной от белка сывороткой, использование ее при изготовлении косметических средств (шампуни, гели, мыло, зубные пасты) и фильтров сигарет интересно, особенно в рекламных целях.

Для примера приводится выдержка из пресс-релиза Дома народного здоровья — «Дрожжи для волос “Биокрем”», — “чтоб вам густо было”. “Биокрем”, в основе которого любимая праба-

бушками молочная сыворотка — моет, лечит, ускоряет рост волос в полтора раза, защищает от радиоактивности и прочих экологических вредностей». Шампунь был создан для работников АЭС и показал полное удаление радиоактивности после душа атомщиков с «Биокремом». Считается, что регулярное использование «Биокрема» на основе молочной сыворотки приводит к биологической активности всего организма. Что еще нужно для подтверждения феномена молочной сыворотки!?

22.2. Использование молочной сыворотки в строительстве

Известно, что в строительстве для получения хорошо обрабатываемой и удобоукладываемой бетонной смеси в качестве добавок используют различные гидрофилизирующие поверхностно-активные вещества (ПАВ): сульфитно-дрожжевую бражку, сульфитно-спиртовую бражку, сахар, казеин, крахмал и др. [4, 5]. Из древних манускриптов известно, что при строительстве сооружений из камня его скрепляли известью, замешанной на молочной сыворотке и яйцах. Этот же рецепт применяли при отделке куполов церквей и храмов. На сайте Википедии (<http://ru.wikipedia.org/>) в открытой страничке «Молочная сыворотка» указано на возможность применения объекта монографии при получении самана.

Сотрудники кафедры химии Пензенского инженерно-строительного института: канд. техн. наук Н. А. Козлова и инж. Л. А. Орлова под руководством зав. кафедрой, доктора техн. наук, профессора П. Р. Таубе по собственной инициативе провели специальную поисковую научно-исследовательскую работу по вопросу возможности применения молочной сыворотки в качестве добавки при изготовлении бетонов и растворов. Работа, по рекомендации известного сыродела, проф. А. И. Чеботарева (ВМИ), проводилась в творческом сотрудничестве с СКФ ВНИИМС (А. Г. Храмов, П. Г. Нестеренко). Были проведены консультации по молочной сыворотке, поставке образцов и обсуждению результатов. Результаты работы были запатентованы, широко опубликованы в специальной литературе по строительству и апробированы на практике. Учитывая уникальность разработок и возможную их перспективу, ниже кратко излагаются некоторые результаты — для информации и подтверждения феномена молочной сыворотки [6,7,8,9].

Молочная сыворотка, с точки зрения стройиндустрии, является типичным гидрофилизирующим поверхностно-активным веществом. Химический состав сыворотки позволяет предполагать возможность ее применения в качестве добавки к строительным растворам и бетонам с целью регулирования реологических свойств, замедления процессов схватывания и твердения, смачивания гидрофобизированной алюминиевой пудры, используемой при производстве газобетона и возможно других целей [7,10,11].

В исследованиях по изучению влияния молочной сыворотки на свойства растворов и бетонов использовали следующие материалы: волховский, воскресенский и вольский портландцементы марок 400 и 500, песок Сурского ($M_{кр} 1,5-1,6$) и Тучковского ($M_{кр} 2,1-2,2$) карьеров, щебень Академического (фракции 5–20 мм) и Хомяковского (фракции 5–40 мм) карьеров, молотая негашеная известь ($S_{уд} - 4200 \text{ см}^2/\text{г}$) Куроедовского месторождения, строительный гипс I сорта, молочная сыворотка Пензенского, Люберецкого и Черкизовского (г. Москва) молочных заводов.

Было установлено, что добавка молочной сыворотки увеличивает время схватывания цементного теста нормальной густоты на 2–4 ч. Так, если конец схватывания цементного теста нормальной густоты без добавок для воскресенского, вольского и волховского портландцементов наступает соответственно через 4 ч 15 мин, 5 ч 15 мин и 5 ч, то с добавкой 2 % молоч-

ной сыворотки (от массы вяжущего вещества) — через 8 ч, 7 ч 30 мин и 9 ч. В том случае, если молочную сыворотку добавлять не в воду затворения, а непосредственно в строительный раствор или бетонную смесь, через несколько часов после их приготовления, замедляющее действие проявляется еще сильнее. Например, добавка сыворотки к строительным растворам через 4–6 ч после затворения позволяет сохранять их подвижность, в зависимости от количества добавки и температуры окружающей среды, в течение 1–3 сут. Следовательно, молочную сыворотку можно использовать как эффективный заменитель схватывания при хранении и перевозках бетонных смесей и строительных растворов на большие расстояния, особенно в летнее время года. Замедляющее действие молочной сыворотки объясняется тем, что в ее состав входит молочный сахар (лактоза), а сахаросодержащие вещества, как известно, являются эффективными замедлителями схватывания и твердения цементных растворов.

Кинетика структурообразования цементного теста с добавками молочной сыворотки и без нее показана на рис. 22.1.

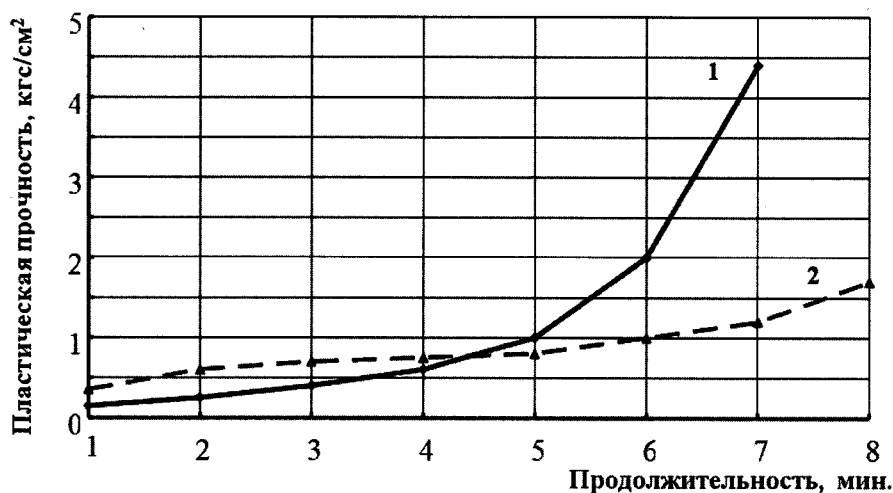


Рис. 22.1. Кинетика изменения прочности цементных растворов: 1 — без добавок, 2 — 2% сыворотки

Творожная и подсырная сыворотки оказывают одинаковое влияние на растворные и бетонные смеси. Оптимальное количество сыворотки составляет 1,5–3% от массы цемента. Соленая молочная сыворотка, так же, как творожная и подсырная, является хорошим пластификатором, но в отличие от них, в меньшей степени замедляет процессы схватывания и твердения. Например, добавка 2% творожной сыворотки увеличивает срок схватывания воскресенского портландцемента на 3 ч 15 мин, тогда как добавка 2% соленой сыворотки — на 1 ч 40 мин.

Молочная сыворотка обладает свойствами поверхностно-активного вещества. Поверхностное натяжение водных растворов молочной сыворотки на 13–17 мН/м меньше поверхностного натяжения чистой воды. Подобно другим поверхностно-активным веществам гидрофильного типа, сыворотка должна вызывать пептизацию агрегатов новообразований цемента. Исследование влияния молочной сыворотки на **дисперсность цементной суспензии** было проведено седиментационным методом. В качестве седиментационной среды использовался абсолютный спирт. Анализ суспензии проводился при 20 °С. Результаты исследований представлены в табл. 22.1.

Таблица 22.1. Влияние молочной сыворотки на дисперсность цементной суспензии

Время отбора пробы после затворения цемента	Среда, в которой цемент находился до анализа	Фракционный состав (вес. %) при диаметре частиц (воскресенский портландцемент)			
		<10 мкм	10–20 мкм	20–40 мкм	>40 мкм
Через 1 час	Вода	9,8	37,9	30,9	21,4
	Водный р-р сыворотки	39,9	33,5	17,5	9,1
Через 3 часа	Вода	11,1	51,7	26,3	10,9
	Водный р-р сыворотки	44,3	31,8	17,4	6,5

Анализ табл. 22.1 показал, что через час после затворения водой цементно-водная суспензия содержит около 10 % частиц с размером менее 10 мкм, в присутствии же молочной сыворотки таких частиц оказывается около 40 %. Следовательно, сыворотка способствует диспергированию агрегатов новообразований.

Промышленные испытания по использованию молочной сыворотки в строительстве были проведены на Московском заводе ЖБИ-7, где было изготовлено более 50 000 м³ бетона. Для изготовления бетона марок 200 и 300 использовали составы бетонных смесей, наиболее часто применяемые на практике. Результаты испытаний показали, что молочная сыворотка в количестве 1,5–3 % способствует приросту прочности бетона на 10–15 % как после тепловой обработки, так и после 28 сут. естественного твердения [9]. Бетонные смеси с добавкой имеют в 1,5–2 раза большую осадку конуса, чем смеси без добавок. Молочная сыворотка снижает водопотребность бетонной смеси на 5–10 % при сохранении одинаковой подвижности, это позволяет **уменьшить расход цемента на 5–7 %**. Кроме того, она не снижает морозостойкости бетона, не вызывает коррозии арматуры.

Для **замедления процесса гашения извести** можно также использовать молочную сыворотку. Если скорость гашения извести, определяемая по стандартной методике, составляет 30 мин, то с добавкой 2 % сыворотки она увеличивается до 70 мин, а при добавке 4 % молочной сыворотки — до 120 мин. При этом температура смеси, развивающаяся при гашении, значительно снижается по сравнению с обычным способом гашения.

Молочная сыворотка в меньшей степени снижает прочность автоклавных изделий на основе извести, чем применяемая в настоящее время сульфитно-дрожжевая бражка. Предел прочности при сжатии известково-песчаных образцов (3×3×3 см, состава 1 : 3), полученных на основе извести, гасящейся без введения добавок, составляет после их автоклавной обработки 12 МПа; при введении в процессе гашения 1 % сульфитно-дрожжевой бражки она снижается до 5,2 МПа, а при введении 2 и 4 % молочной сыворотки прочность образцов составляет соответственно 11,5 и 10 МПа [10].

Молочную сыворотку можно использовать также для **замедления сроков схватывания гипса**: если без добавок конец схватывания гипсового теста наступает через 9 мин, то с добавками 4 и 8 % молочной сыворотки — соответственно, через 20 и 38 мин.

Так как молочная сыворотка обладает поверхностно-активными свойствами, она была испытана вместо таких поверхностно-активных веществ, как сульфолон, хозяйственное мыло и др. для **смачивания гидрофобизированной алюминиевой пудры**, используемой как газообразователь при производстве газобетона. Количество молочной сыворотки составило 35–50 % от массы пудры. Результаты испытаний на Пензенском заводе крупнопанельного домостроения показали, что молочная сыворотка **не ухудшает качественных показателей газобетона**. Водопоглощение газобетона не повышается, морозостойкость не снижается. Прочность газобетона с добавкой молочной сыворотки несколько выше, чем с добавкой сульфанола. Так, предел прочности при сжатии образцов газобетона с объемным весом 700–

750 кг/м³ и размером 10×10×10 см с добавкой сульфанола составляет 5,5 МПа, а с добавкой молочной сыворотки — 6,5 МПа [11].

Экспериментально установлено, что как свежая сыворотка, так и после месячного хранения, сыворотка различных молочных заводов, а также сухая (после растворения в воде) оказывают одинаковое влияние на растворные и бетонные смеси. Она легко дозируется, имеет в сравнении с другими поверхностно-активными веществами меньшую стоимость. Использование молочной сыворотки в строительных растворах и бетонах дает заметный экономический эффект. При изготовлении 30 тыс.м³ бетона на заводе ЖБИ-7 (г. Москва) экономия цемента составила 448 т.

22.3. Пенообразование и пеногашение в молочной сыворотке

Проблема пенообразования и особенно пеногашения, применительно к молочной сыворотке, системно рассмотрена в СевКавГТУ [12] и КемТИПП [13]. В целом, результаты по молочной сыворотке опубликованы в специальной монографии [14].

22.3.1. Пенообразователи

Считается, что при производстве классических молочных продуктов пенообразование является нежелательным явлением, поскольку на границе образующихся фаз интенсивно протекают микробиологические, окислительно-восстановительные процессы и липолиз. Кроме того, образующаяся пена вызывает ухудшение работы сепараторов, насосов, пастеризационных установок и другого оборудования. Вместе с тем существуют технологии ряда молочных продуктов (взбитые сливки, коктейли, десерты, производство масла сбиванием сливок, сушка белково-углеводного сырья и особенно молочной сыворотки во вспененном состоянии), когда образование аэрированных дисперсных систем является решающим условием получения качественного продукта. Известно, что аэрированные массы используют в функциональном питании для лечения и профилактики разнообразных заболеваний. Функциональные свойства аэрированных продуктов специалисты объясняют тем, что через желудок в ткани поступает примерно в 10 раз больше кислорода, чем через легкие [15].

В молочной промышленности в качестве пенообразователей традиционно использовали яичный белок, восстановленные (из сухих порошков) яичепродукты или сливки. Из модифицированных и синтетических пенообразователей применяют изоляты и концентраты молочных белков, жирные кислоты, фосфолипиды и др. вещества.

Интересны в этом направлении исследования, проводимые сотрудниками КемТИПП и ВНИМИ, которые предложили в качестве пенообразователей молоко, в том числе обезжиренное, пахту, молочную сыворотку, ферментированные молочные системы.

На основании исследований поверхностной активности раскрыт механизм участия компонентов молока в образовании межфазных пенных пленок. Выявлена взаимосвязь казеина, сывороточных белков, небелковых азотистых веществ, жировой фазы (агрегатного состояния триглицеридов и диаметра жировых шариков), фосфолипидов, лактозы, дисперсионной среды, активной и титруемой кислотности, поверхностного натяжения, вязкости, активности воды и температуры молока с его пенообразующей активностью.

А. Ю. Просеков [13] на основе подробного анализа процессов пенообразования дисперсных систем (ПДС) и роли поверхностно-активных веществ (ПАВ), применительно к молоч-

ному сырью вообще и молочной сыворотке в частности, разработал оригинальную технологию пенообразователя (имеется НТД).

Пенообразователи для полидисперсных систем вырабатывают из восстановленного обезжиренного молока с массовой долей белка 3,6% путем его ферментации фромазой или курино-говяжьим ферментом в концентрации 0,001% в течение 30 ± 2 мин при температуре $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ до уменьшения диаметра мицелл казеина на 5,9–7,1%.

Состав и свойства пенообразователя на основе восстановленного ферментированного обезжиренного молока приведены в табл. 22.2. Ферментация улучшает пенообразующие свойства восстановленного обезжиренного молока. Полученный пенообразователь можно использовать в качестве основы для производства разнообразных молочных взбитых продуктов на основе молочной сыворотки, добавляя различные вкусовые и ароматические компоненты, а также желатин в количестве 2,0–2,5% (для придания продуктам нежной консистенции можно использовать крахмал в равном с желатином соотношении).

Таблица 22.2. Состав и свойства пенообразователя на основе восстановленного ферментированного обезжиренного молока

Образец	Пенообразующая способность, %	Устойчивость ПДС, %	Диаметр мицелл казеина, нм	Преобладающий размер частиц дисперсной фазы ПДС, мкм
Обезжиренное молоко	550	56	74	540
Обезжиренное молоко, ферментированное фромазой	1625	65	68,8	167
Обезжиренное молоко, ферментированное КГ-50	1925	70	69,6	134

Экономическая эффективность пенообразователя может составить 2400 руб/т за счет дополнительной прибыли от реализации продуктов из молочной сыворотки.

22.3.2. Пеногасители

Подробное изучение вопроса, применительно к сгущению молочной сыворотки в вакуум-аппаратах циркуляционного типа, позволило предложить новый пеногаситель с брендом «Афромин» [12], который был успешно испытан при производстве молочного сахара [16,17].

«Афромин» вырабатывается из soapстоков (нормальных отходов масложировой промышленности) путем их рафинирования и очистки.

Сущность производства пеногасителя заключается в предварительной подготовке soapстоков, состоящей из трех стадий обработки. На первой стадии soapстоки смешивают с питьевой водой до достижения концентрации 3–8% сухих веществ, нагревают до $50\text{--}90^\circ\text{C}$ при постоянном перемешивании до полного растворения. Затем вносят 1,0–1,5% целлюлозы, 1,0–1,5% диатомита, 1,0–2,0% перекиси водорода 33%-ной концентрации, выдерживают в течение 20–30 минут при постоянном перемешивании, охлаждают до $10\text{--}24^\circ\text{C}$ и фильтруют.

Полученный фильтрат подкисляют соляной кислотой до достижения значений pH 7–9. Готовый пеногаситель перед употреблением подогревают до $40\text{--}60^\circ\text{C}$, перемешивают до достижения однородной консистенции и вносят 0,005–0,2% от количества сырья.

Улучшение органолептических и химических показателей после очистки подтверждается данными, представленными в табл. 22.3.

Таблица 22.3. Органолептические и химические показатели пеногасителя «Афромин» и соапстока

Органолептические показатели	Соапсток	Пеногаситель «Афромин»
Внешний вид и консистенция	Жидкость мазеобразной консистенции, допускается присутствие хлопьев	Жидкость. Допускается образование геля при температуре ниже 20 °С
Запах	Специфический, допускается слабый запах продуктов разложения органических веществ	Слабо выраженный, свойственный растительным маслам
Цвет	От светло-коричневого до коричневого	Светло-желтый с коричневым оттенком
Содержание общего жира, %	27,34	5,47
Содержание нейтрального жира, %	5,58	0,58
Содержание свободной щелочи, %	13,50	—
Содержание фосфатидов, %	2,01	0,33

Химический состав жирных кислот, полученного пеногасителя, исследован методом газожидкостной хроматографии на масложиркомбинате «Краснодарский» (%): линолевая — 22,9; олеиновая — 31,7; миристиновая — 10,1; пальмитиновая — 22,6; стеариновая — 10,3; неидентифицированные — 2,4.

По физико-химическим показателям пеногаситель «Афромин» должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 22.4.

Таблица 22.4. Физико-химические показатели пеногасителя «Афромин»

Наименование показателя	Норма
Массовая доля общего жира %, не менее	5,0
Массовая доля жирных кислот %, не менее	3,0
Активная кислотность pH, в пределах	7–8

Расход сырья и основных материалов на выработку 1 тонны пеногасителя учитывают в соответствии с рецептурой (табл. 22.5).

Таблица 22.5. Рецептура на пеногаситель (в кг на 1000 кг готового продукта с учетом потерь)

Наименование сырья	Норма расхода
Соапстоки из светлых масел	220,0
Целлюлоза	15,0
Перекись водорода	20,0
Диатомит	15,0
Вода	780,0
ИТОГО:	1050,0

Механизм действия пеногасителя «Афромин» объясняется следующим образом. В соапстоках, используемых для пеногашения, первоначальная величина pH составляет 10,3–11,5. После проведения глубокой очистки разбавленного раствора соапстока от посторонних

и непищевых примесей его pH практически не меняется. В дальнейшем при снижении pH до 7–9, путем обработки растворов соляной кислотой, происходит реакция между связанными жирными кислотами и соляной кислотой с выделением свободных жирных кислот. Эти свободные жирные кислоты, равномерно распределенные в объеме сырья, в сочетании со связанными жирными кислотами и обуславливают высокую пеногасящую способность.

Сравнительная характеристика пеногасящей способности соапстоков и пеногасителя «Афромин» на молочном сыре представлена в табл. 22.6.

Таблица 22.6. Пеногасящая способность соапстоков и пеногасителя «Афромин»

Вид сырья	Пеногасящая способность, ед.	
	Соапстоки	«Афромин»
Подсырная сыворотка	0,37	0,53
Творожная сыворотка	0,36	0,52
Ультрафильтрат подсырной сыворотки	0,43	0,60
Ультрафильтрат творожной сыворотки	0,41	0,58
Меласса рафинированного молочного сахара	0,40	0,46

Для производства пеногасителя используется стандартное оборудование, имеющееся на предприятиях молочной промышленности: резервуары, реактор-растворитель, насос ротационный и фильтр-пресс. Хранится пеногаситель при температуре от 0 до 40 °С не более 6 месяцев.

Пеногаситель «Афромин» вносится непосредственно в вакуум-аппарат при сгущении молочной сыворотки небольшими дозами (100–200 мл) по мере образования пены. Расход пеногасителя составляет 0,005–0,2 % от количества перерабатываемого сырья и зависит от вида сырья. Использование пеногасителя позволяет сократить потери сырья при сгущении и повысить выход готового продукта.

А. Ю. Просеков разработал оригинальный пеногаситель для молочного сырья, который представляет собой эмульсию растительного тугоплавкого жира (пальмового жира) с массовой долей жира $(46,0 \pm 1,5)\%$ [13]. Дисперсионной средой системы является молоко с массовой долей жира 1,5 %, а в качестве эмульгатора применяются альгинат натрия и «Палсгаард 0291» в количестве 1,75 и 2,75 % соответственно. Гомогенизацию эмульсии проводят вместе с молоком при 15 МПа (температура 60–65 °С) или при указанной температуре в течение 11–15 мин при 3000 об/мин. В этом случае подготовленный пеногаситель вносят в количестве 0,3–0,5 % к массе молока при розливе на оборудовании *Fata* при перемешивании.

По органолептическим и физико-химическим показателям пеногаситель должен соответствовать требованиям, приведенным в табл. 22.7.

Таблица 22.7. Органолептические и физико-химические показатели пеногасителя

Показатель	Характеристика
Вкус и запах	Чистый, нейтральный, без посторонних привкусов и запахов
Консистенция	Вязкая, в меру плотная, однородная без комочков жира и эмульгатора
Цвет	Белый
Массовая доля жира, %	50,0
Массовая доля сухих веществ, %	55,7
Массовая доля эмульгатора, %	2,0
Диаметр жировых шариков, мкм, не более	1,0

Оценка пеногасящего действия препарата показала, что разработанный пеногаситель обладает хорошей эффективностью пенопредотвращения и удовлетворительной эффективностью пеногашения, необходимой и достаточной для быстрого процесса розлива молока, например, в бутылки.

Экономическая эффективность выработки молочных взбитых продуктов, а также от внедрения мероприятий по борьбе с нежелательным пенообразованием в молочной промышленности обусловлена снижением удельного расхода молока-сырья и полуфабрикатов, что обеспечивает рациональное использование составных частей молока, а также получение дополнительной прибыли от реализации готовой продукции. Экономическая эффективность (в ценах 2001 г.) от внедрения разработанных технологий, применительно к молочной сыворотке, приведена в табл. 22.8.

Таблица 22.8. Экономическая эффективность разработок

Наименование разработок	Экономическая эффективность, тыс.руб/т	За счет чего достигнута
Взбитое молочко и взбитая сыворотка	1,4–2,7	Рациональное использование сырья
Пенообразователь для молочной промышленности	2,4	Дополнительная прибыль от реализации готовой продукции
Пеногаситель для молочной промышленности	0,1–0,3	Снижение расхода молока

Логичным представляется возможность использования предложенного пеногасителя для продуктов из молочной сыворотки при розливе в тару и сгущении. Экономический потенциал пеногасителя за счет экономии исходного сырья оценивается на уровне 100 руб./т.

22.4. Получение регуляторов роста растений

Разработка регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки с целью предпосевной обработки семян направлена на решение важнейшей проблемы поиска дешевого сырья для производства препаратов нового поколения при возделывании зерновых культур. По нашей инициативе школой проф. А. В. Брыкалова (СтГСХА) были поставлены системные исследования по изучению возможности использования молочной сыворотки в растениеводстве, результаты которых изложены в главе 10. Ниже приводится практическая реализация этих исследований.

22.4.1. Получение комплексных препаратов на основе молочной сыворотки и ЭХА-воды с применением методов сорбции и ферментации

Для производства регуляторов роста растений можно использовать свежую или сухую подсырную или творожную сыворотку. Кроме молочной сыворотки при получении регуляторов роста используется ЭХА-вода, сорбционные материалы, экстракты лекарственных растений [18]. Технологическая схема получения регуляторов роста представлена в виде блок-схемы алгоритма последовательности выполнения технологических операций (рис. 22.2).

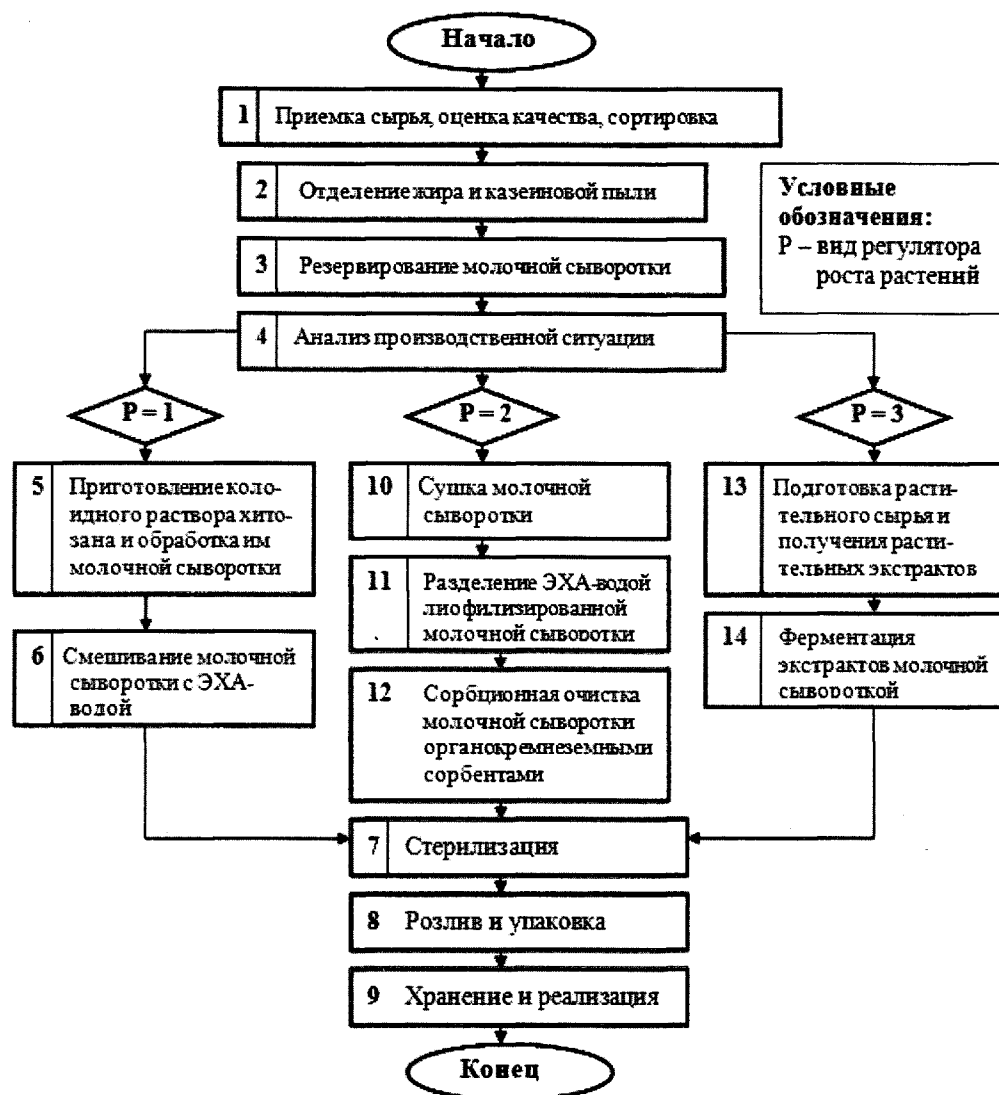


Рис. 22.2. Блок-схема алгоритма производства регуляторов роста растений из молочной сыворотки

В зависимости от вида выбранного сорбента выпускают 2 вида регулятора роста растений бренда «Сtimолакт»:

P_1 — с хитозаном (производства химзавода П. Войкова г. Москва);

P_2 — с органокремнеземными сорбентами (наработанные в НПО «Люминофор», г. Ставрополь).

Кроме того, производят еще регулятор роста P_3 с экстрактами лекарственных растений зверобоя продырявленного и солодки голой. Эти экстракты лекарственных растений получают по ранее отработанной технологии (глава 10).

Оптимальные режимы ферментации растительных экстрактов молочной сывороткой следующие:

- для экстракта зверобоя продырявленного соотношение экстракт: сыворотка (1 : 1), температура 50 °С, время ферментации 30 мин;
- для экстракта корня солодки соотношение экстракт: сыворотка (1 : 3), температура 35 °С, время ферментации 30 мин.

Преимущество предлагаемых к внедрению технологий заключается в том, что применение в растениеводстве регуляторов роста из молочной сыворотки дает возможность получить экологически безопасные биопрепараты для предпосевной обработки семян зерновых культур, не имеющих аналогов и обладающих ростостимулирующей активностью, а также фунгицидными свойствами.

Полевые испытания препаратов проведены в ст. Новомарьевской Шпаковского района Ставропольского края для предпосевной обработки семян в технологии возделывания озимой пшеницы сорта «Донская Юбилейная». Результаты исследований, представленные в табл. 22.9 и 22.10, свидетельствуют о том, что значительный эффект на структуру урожая и качество зерна оказывает обработка семян разработанным биорегулятором роста бренда «Сtimолакт».

Таблица 22.9. Структура урожая озимой пшеницы сорта Донская Юбилейная при обработке семян регулятором роста

Показатели структуры урожая	Контроль (без обработки)	Протравитель семян «Премис» (эталон)	Регулятор роста растений из молочной сыворотки	НСР 0,5
Количество растений, кг/м ²	397	403	404	1,17
Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	441	442	444	0,76
Высота растений, см	76,2	90,3	91,3	0,32
Длина колоса, см	5,6	6,3	6,7	0,18
Количество зерен в колосе, шт.	15	18	18	0,53
Масса зерна колоса, г	0,69	0,77	0,79	0,04
Масса 1000 зерен, г	42,8	42,1	44,1	0,28
Биологическая урожайность, ц/га	30,1	34,2	35,4	0,62

Регуляторы роста обладают ростостимулирующей активностью при действии на семена озимой пшеницы. Это проявляется в усилении ростовых процессов корешков и проростков, значительном улучшении, по сравнению с контролем, посевных качеств семян.

Таблица 22.10. Влияние регуляторов роста на качественные показатели зерна озимой пшеницы сорта Донская Юбилейная

Варианты	Стекловидность, %	Натура зерна, г/л	Количество клейковины, ИДК	Количество клейковины, %
Контроль (без обработки)	40,1	743	50,3	27,2
Эталон – Премис	49,3	782	57,9	28,1
Регулятор из молочной сыворотки	50,1	785	64,5	28,6

Применение препарата оказало влияние на длину колоса, число колосков, массу зерна и биологическую урожайность. Урожайность возросла по сравнению с контролем на 5,3 ц/га. Содержащаяся в регуляторе роста глицирризиновая кислота проявляет выраженную фунгицидную активность, что обеспечивает оздоровление семенного материала, биологическую эффективность защитно стимулирующего состава против фитопатогенных грибов на уровне 60–85 %.

Экономическая эффективность технологии возделывания озимой пшеницы определяется снижением затрат на обработку семян: стоимость обработки разработанным препаратом на 1 тонну семян составляет 300 рублей, что на 248 рублей меньше, чем при использовании протравителя семян Премис (в ценах 2005 г.). Уровень рентабельности производства семян озимой пшеницы сорта Донская Юбилейная возрос на 22,6 % по сравнению с контролем.

22.4.2. Регуляторы роста растений на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной

В соответствии с проведенным обоснованием (глава 10) разработана биотехнология получения четырех препаратов — регуляторов роста растений на основе эхинацеи пурпурной и молочной сыворотки, в том числе с применением экстракта природного минерала бишофита и наночастиц специально разработанных композиций [19].

Технологическая схема получения комплексного регулятора роста растений P_1 на основе молочной сыворотки включает следующие операции: подготовка сырья, его консервация, очистка и высушивание; измельчение сырья до размера частиц 1–1,5 мм; получение водно-этанольного экстракта; удаление балластных примесей методом термоденатурации при 75 °C и очистка экстракта сорбцией на алюмосиликатном сорбенте; ферментация растительного экстракта молочной сывороткой; стерилизация; розлив и фасовка. Эффективность технологии определяется применением сорбента. Разработанный метод сорбционной очистки экстракта растения эхинацеи пурпурной обеспечивает на 63 % удаление балластных растительных белков.

Технология регулятора роста P_2 включает 10 стадий и соответствует схеме получения регулятора роста P_1 с введением ключевой стадии ферментации молочной сывороткой экстракта эхинацеи пурпурной при установленных оптимальных факторах — соотношении экстракт: сыворотка 1 : 1, температуре — 45 °C и времени ферментации 45 мин.

В дальнейшем при разработке технологии нового комплексного препарата из эхинацеи пурпурной, обогащенного микроэлементами (P_3) использован раствор природного минерала бишофита, который содержит широкий набор химических элементов, среди которых преобладает магний. Наилучшие результаты по ростостимулирующей активности получены при действии на семена агрокультуры комплексного препарата, сочетающего в себе 0,01 % раствор препарата из эхинацеи пурпурной и раствор бишофита при его разведении 1 : 400. Наиболее оптимальное соотношение бишофита с препаратом из эхинацеи пурпурной — 1 : 4. Кроме того, было установлено, что введение в состав препарата экстракта осота полевого способствует активированию развития сапрофитной микрофлоры почвы.

Химический состав и биологическая активность трех препаратов приведен в табл. 22.11.

Таблица 22.11. Химический состав препаратов из эхинацеи пурпурной

Наименование показателя	Препарат из эхинацеи пурпурной (P ₁)	Препарат из молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной (P ₂)	Препарат из эхинацеи пурпурной в сочетании с раствором бишофита и активатором микрофлоры (P ₃)
Внешний вид	Жидкость светло-коричневого цвета со специфическим запахом		
Прозрачность	Прозрачный		
Значение pH	6,6–7,0	6,2–6,4	6,7–7,2
Содержание БАВ, %:			
гидроксикоричные кислоты	0,14 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,13 ± 0,01
флавоноиды	2,6 ± 0,14	1,1 ± 0,14	2,72 ± 0,14
дубильные вещества	2,5 ± 0,15	1,4 ± 0,13	3,2 ± 0,160
антоцианы	0,6 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,8 ± 0,04
Микроэлементы, г/л			
медь	34 · 10 ⁻⁶	82 · 10 ⁻⁶	225 · 10 ⁻⁶
цинк	113 · 10 ⁻⁶	112 · 10 ⁻⁶	120 · 10 ⁻⁶
никель	17 · 10 ⁻⁶	25,7 · 10 ⁻⁶	21 · 10 ⁻⁶
марганец	62 · 10 ⁻⁶	78 · 10 ⁻⁶	63 · 10 ⁻⁶
магний	440 · 10 ⁻⁶	336 · 10 ⁻⁶	243 · 10 ⁻⁶
молибден	2,4 · 10 ⁻⁶	4,2 · 10 ⁻⁶	2,55 · 10 ⁻⁶
кобальт	1,5 · 10 ⁻⁶	9,96 · 10 ⁻⁶	19,8 · 10 ⁻⁶

Препараты на основе эхинацеи пурпурной обладают антимикробной активностью по отношению к *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

По сравнению с препаратом из эхинацеи пурпурной (P₁) введение стадии ферментации экстракта молочной сывороткой, а также микроэлементной добавки способствует усилению ростостимулирующей активности препаратов P₂ и P₃. Так, прирост энергии прорастания составил 3 %, дины корешков — 20 %, длины проростков 14,8–17 %, биомассы корешков 19,3–31,6 %, биомассы проростков 5,5–29,6 %.

Разработана также технология получения комплексного препарата из эхинацеи пурпурной, включающая добавление нанодисперсии частиц виноградных семян (40–60 нм) в раствор препарата, полученный из лиофилизированной формы эхинацеи пурпурной и молочной сыворотки, до концентрации 0,025–0,1 %.

Действие этого препарата изучалось по его влиянию на посевные качества озимой пшеницы сорта Донская Юбилейная. Было установлено, что содержание в препарате нанодисперсии частиц виноградных семян с наиболее оптимальной концентрацией 0,05 % способствует возрастанию ростостимулирующей активности комплексного препарата с нанодисперсией, в сравнении с действием препарата, не содержащего нанодисперсию. Это подтверждается результатами определения абсолютной скорости роста проростков и корешков семян озимой пшеницы (рис. 22.3).

Был установлен биоактивирующий эффект действия нанодисперсии на энергию прорастания семян агрокультуры. В последующем проведены исследования по использованию в качестве наносорбционных частиц углеродных нанотрубок, полученных в Институте химии поверхности НАН Украины в соответствии с методом карбонизации органических молекул в минеральной матрице [20]. На основе углеродных нанотрубок разработана технология получения комплексного препарата из эхинацеи пурпурной, включающая добавление нанодисперсии в раствор препарата до концентрации 0,025–0,1 %. Предварительно в раствор препарата из эхинацеи пурпурной введен полимер полиэтиленгликоль для усиления гидрофильных свойств нанотрубок.

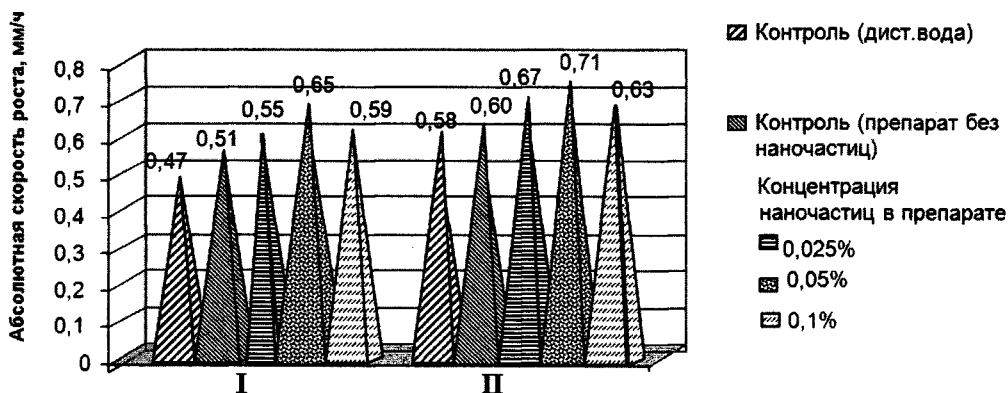


Рис. 22.3. Значения абсолютной скорости роста проростков (I) и корешков (II)

Таким образом, разработана технология получения двух комплексных препаратов из молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной, содержащих наноконпоненты природного происхождения — наносорбционный материал из семян виноградных косточек, а также синтетический углеродный материал с содержанием твердой фазы в концентрации соответственно 0,05% и 0,025%. Содержание в комплексном препарате указанных наноконпонентов приводит к активному увеличению ростостимулирующих свойств препарата при его действии на семена озимой пшеницы. Биоактивирующий эффект наноконпонентов объясняется тем, что сорбционные частицы участвуют в трансмембранном переносе биологически активных веществ из препарата эхинацеи пурпурной, что повышает степень их проникновения в структуру зерна и активизацию ферментативных систем.

При разработке технологической схемы получения регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки предусмотрено:

- комплексное использование сырья;
- получение безопасного и высококачественного регулятора роста;
- повышенная экономическая эффективность;
- сохранение экологической чистоты окружающей среды.

Реализация этих принципов достигается содержанием оптимальной структуры блок-схемы алгоритма, аналогичной приведенной на рис. 22.3, включающей научное обоснование последовательности основных технологических процессов и оптимальных условий их проведения.

С целью оценки экономической эффективности внедрения разработанных технологий получения регуляторов роста растений из эхинацеи пурпурной проведен сравнительный анализ производства четырех препаратов (P_1 , P_2 , P_3 , P_4): с использованием в технологии стадии очистки экстрактов фитосырья алюмосиликатным сорбентом (P_1), применением ферментации молочной сывороткой экстракта эхинацеи пурпурной (P_2), введением в состав препарата биофита (P_3), совместного применения фитопрепарата на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной с наноконпонентами (P_4). В табл. 22.12 представлены данные по технико-экономическим показателям производства разработанных препаратов.

Таблица 22.12. Техничко-экономические показатели производства регуляторов роста растений (в ценах на 2008 г.)

Показатели	Наименование препаратов			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Полная себестоимость 1 т препарата, руб.	131 042,65	138 412,54	132 052,45	145 032,75
Прибыль от реализации 1 т препарата, руб.	68 957,35	61 587,46	67 947,55	54 967,25
Годовая прибыль, руб.	289 620,87	153 968,65	285 379,71	137 418,12
Уровень рентабельности, %	52,6	44,5	51,5	37,8
Годовой экономический эффект, руб.	120 162,45	107 319,96	118 402,81	957 83,83

Изучение комплексного действия препаратов на рост и урожайность агрокультуры, оценка их ростостимулирующих свойств проведены в полевых условиях на поле СХП «Новомарьевский» Шпаковского района Ставропольского края. Внедрение регулятора роста растений для предпосевной обработки семян озимой пшеницы сортов «Победа 50» и «Станичная», а также обработки посевов агрокультуры совместно с гербицидом в фазу кущения проведено в СХП «Новомарьевский» и СПК «Мелиоратор». Предпосевную обработку семян агрокультуры проводили препаратом на основе гидроксикоричных кислот и далее семена высевали на территории поля 30 га с нормой высева в опытном и контрольном вариантах 4,5 млн. всхожих семян на 1 га. Для сравнения было предусмотрено контрольное поле площадью 20 га, а также поле, на котором высевали семена агрокультуры после обработки традиционно используемым препаратом «Премис». В производственных испытаниях препарат на основе гидроксикоричных кислот применялся с нормой расхода 0,05 л на 1 тонну семян с пленкообразователем «Алکیل-агро».

Производственные испытания разработанного регулятора роста растений выявили его положительное влияние на урожайность, а также качественные показатели зерна озимой пшеницы сорта «Победа 50», что представлено в табл. 22.13.

Таблица 22.13. Влияние регуляторов роста на урожайность и качественные показатели зерна озимой пшеницы сорта «Победа 50»

Варианты	Стекловидность, %	Качество клейковины, ИДК	Количество клейковины, %	Урожайность, ц/га
Контроль (без обработки)	70,5	89,2	18,3	18,7
Эталон Премис (обработка семян)	68,2	90,1	18,8	19,2
Регулятор роста растений из молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной (обработка семян)	79,5	98,4	19,4	22,9

Производственные испытания разработанного препарата из эхинацеи пурпурной выявили его положительное влияние на элементы структуры урожая, а также качественные показатели зерна озимой пшеницы сорта «Победа 50». Предпосевная обработка семян озимой пшеницы разработанным препаратом обеспечила прибавку урожая 4,2 ц/га по сравнению с контрольным вариантом и 3,7 ц/га по сравнению с вариантом, в котором обработку семян проводили протравителем «Премис». Препарат оказал положительное влияние на качественные показатели сельскохозяйственной продукции, увеличив уровень количества клейковины зерна на 6%, показатель качества клейковины ед. ИДК на 9,4%.

Снижение себестоимости зерна определяется меньшей стоимостью применяемого препарата. Уровень рентабельности производства зерна возрос на 18%.

В целом, использование молочной сыворотки в качестве основного компонента при разработке регуляторов роста растений, позволяет не только получить препараты с высоким уровнем биологической активности, но и решить проблему утилизации ценного вторичного сырья молочной промышленности с обеспечением экологической безопасности в растениеводстве. Работа в данном направлении продолжается и, кажется, может привести к еще одному биотехнологическому направлению использования молочной сыворотки [21].

22.5. Резюме по главе 22

Объективно молочная сыворотка, ее компоненты и их производные не предназначены для технического применения. Это происходит либо вынужденно — для исключения слива (например, полив), или для замены более дефицитного пищевого сырья (например, в строительстве), а так же при обосновании решения с народохозяйственной точки зрения (например, биотопливо, мед-, ветпрепараты или биочипы на основе нанотрубок сывороточных белков и кристаллов лактозы). Перспективы и возможности бесконечны: от синтеза полиуретана и «съедобной» тары, имитации льда и снега, до посыпания обледеневших дорожек и снятия пригара на моторах. Критерий — обоснование и выгода.

22.6. Литература к главе 22

1. *Dolby, R. M.: Int. Milchwirtschaftskongres, Sydney, 1970. — Band 1 E. — P. 10.*
2. Валялина, С. А. Конденсаты вторичных паров молока и сыворотки [Текст]/С. А. Валялина. — Переработка Молока, № 4, 2009. — С. 44–45.
3. Залашко, М. В. Биотехнология переработки молочной сыворотки [Текст]: монография/М. В. Залашко. — М.: Агропромиздат, 1990. — 192 с.
4. Юнг, В. Н. Поверхностно-активные гидрофильные вещества и электролиты в бетонах [Текст]/В. Н. Юнг, Б. Д. Тринпер. М.: Госстройиздат, 1960.
5. Сорокер, В. И. Пластифицированные бетоны и растворы [Текст]/В. И. Сорокер. М.: Промстройиздат, 1963.
6. Таубе, П. Р. Разработка и внедрение метода пластификации бетонных смесей и цементных растворов за счет ПАВ [Текст]/П. Р. Таубе, Н. А. Козлова, Л. А. Орлова//Отчет по научно-исследовательской работе (Гос. рег. № 73034674). Пенза, 1974.
7. Таубе, П. Р. Эффективная добавка для цементных растворов [Текст]/П. Р. Таубе, Н. А. Козлова, Л. А. Орлова, Е. Л. Гуревич//Строительные материалы. — 1974. — № 11. — с. 21–22.
8. Таубе, П. Р. Замедлители схватывания цемента [Текст]/П. Р. Таубе, Н. А. Козлова, Л. А. Орлова//Информационный листок Пензенского ЦНТИ, № 319–73, 1974.
9. Гуревич, Е. Л. Новая пластифицирующая добавка в бетон [Текст]/Е. Л. Гуревич, П. Р. Таубе, Н. А. Козлова//Реф. Сборник «Промышленность строительных материалов Москвы». — 1973. — № 4. — С. 19.
10. Таубе П. Р., Козлова, Л. А. Орлова. Способ гашения извести. Авторское свидетельство СССР № 414215, кл. С 04 Б 1/06, 1974.
11. Таубе П. Р., Н. А. Козлова, Н. Г. Крестин, Л. Х. Цориева. Газообразующая суспензия. Авторское свидетельство СССР № 421658, кл. С 04 Б 21/02, 1974.
12. Оверченко, И. В. Пенообразование и непоразрушение при сгущении молочной сыворотки [Текст]: Дисс... канд. техн. наук — Ставрополь, 1990. — 165 с.
13. Просеков, А. Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенных дисперсных систем [Текст]: Дисс... докт. техн. наук — Кемерово, 2004. — 406 с.
14. Уманский, М. С., Просеков А. Ю. Научные и практические аспекты пенообразования молока и молочных продуктов [Текст]/М. С. Уманский, А. Ю. Просеков, Барнаул, 2002. — 350 с.
15. Просеков, А. Ю. Пенообразующие свойства обезжиренного молока при роторно-пульсационной обработке [Текст]/А. Ю. Просеков, Е. В. Строева, Т. Л. Остроумова//Молочная промышленность, № 6, 2005.
16. Евдокимов, И. А. Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара [Текст]/дисс... докт. техн. наук: 05.18.04/Евдокимов И. А. — Москва, 1998. — 204 с.
17. Вардамян, Г. С. Малоотходная технология рафинированного молочного сахара [Текст]/дисс... канд. техн. наук: 05.18.04/Вардамян Г. С. — Москва, 1987. — 150 с.
18. Плющ, Е. В. Разработка технологии получения из молочной сыворотки регуляторов роста растений с использованием электроактивированной воды, процессов сорбции и ферментации [Текст]: Автореф. дисс... канд. техн. наук — Ставрополь, 2005. — 22 с.
19. Головкина, Е. М. Разработка биотехнологии пищевой добавки и регуляторов роста растений на основе молочной сыворотки и эхинацеи пурпурной [Текст]: Автореф. дисс... канд. техн. наук — Ставрополь, 2008. — 23 с.
20. Бричка, А. В. Совместная адсорбция бензола и воды наноразмерными углеродными трубками [Текст]/А. В. Бричка, В. В. Туров, Г. П. Приходько, С. Я. Бричка//Химия поверхности и нанотехнология: матер. Всерос. конф. — Санкт-Петербург, 2006. — С. 71–72.

21. Охотников, С. И. О нетрадиционном способе утилизации невестребованной молочной сыворотки [Текст]/С. И. Охотников, А. И. Перевозчиков. – Сборник материалов научных чтений с Международным участием, посвященных 100-летию со дня рождения П. Ф. Дьяченко.- М.: МГУПБ, 2006, – С. 108–109.
22. Смольникова, В. В. Перспективы использования молочной сыворотки в технологиях очистки нефтезагрязненных субстратов [Текст]/В. В. Смольникова, С. А. Емельянов, М. С. Дементьев//Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, г. Москва, № 1 Январь – Февраль 2010. – С. 67–69.

Заключение

Найденное сокровище

Анализируя информацию о составе, свойствах, питательной и биологической ценности молочной сыворотки, в рамках ее феномена как «Кода жизни» — найденного сокровища, прежде всего следует обратить внимание на комплекс минорных азотсодержащих соединений. Лактоферрин, гликомакропептиды, лактопероксидаза, цитокины (факторы роста), фолаты (связанный белок), иммуноглобулины, *L*-карнитин и конечно ангиогенин — все «природные (эко-)антибиотики», не только подтверждают уникальность молочной сыворотки, но и показывают ее значимость как неиссякаемого источника необходимых человечеству продуктов (веществ) — поля деятельности для науки и практики.

Углеводный компонент молочной сыворотки — аномеры лактозы («сахар жизни») и потенциал ее производных (более 100 наименований) подробно освещен в монографии и материалах симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные». Только синтез одного изомера лактозы — «чуда из молока» лактулозы, удостоенной премии Правительства РФ (2002 г.), может оправдать существование нашей отрасли в плане сохранения популяции млекопитающих.

Относительно минерального комплекса молочной сыворотки совершенно справедлив вопрос: «зола или компонент функционального питания»? Например, наряду с традиционно известными лактозой (молочным сахаром) и сывороточными белками, фосфат кальция давно «просится в жизнь». А минерализат электродиализных установок («ЛактоМин») может стать оригинальным продуктом отрасли для всестороннего применения.

Безусловно, с точки зрения логистики и здравого смысла, качество молочной сыворотки, как исходного лактозосодержащего сырья, должно отвечать всем требованиям технологии, санитарии и гигиены с моделированием состава и свойств на уровне «идеальной системы». В этом плане на практике необходима линия первичной обработки молочной сыворотки, которая много раз была в проекте, но пока не получила соответствующего оформления. Непременной составляющей такой линии должна быть как минимум бактериальная санация, а лучше кондиционирование любого вида молочной сыворотки по необходимым для производства соответствующего продукта показателям (критериям безопасности) «идеальной системы». Проблема ждет своего решения, в том числе в плане соответствия ХАССП.

Реализация нашей концепции промышленной переработки и рационального использования ресурсов молочной сыворотки, получаемой в качестве нормального (естественного) побочного продукта при производстве сыров, творога и казеина или получаемой специально (что просится в жизнь и внедрено в условиях централизованного производства, где молочная сыворотка является самостоятельным сырьем), в соответствии с принципами логики может осуществляться в рамках открытой системы («белый ящик») и реалий рыночной экономики по двум составляющим и трем направлениям. Составляющие обозначены в начале абзаца

и кратко формулируются как переработка и использование. Несмотря на краткость, за каждым из этих терминов кроется целый пласт организационных, технических, технологических и даже социальных проблем. На практике в отрасли главное внимание до настоящего времени уделяется переработке молочной сыворотки. Это вполне оправданно и правильно. Но как показывает наш и особенно зарубежный опыт, использованию получаемых от переработки молочной сыворотки продуктов должно быть уделено особое (в том числе на уровне финансирования) внимание. Как было отмечено на одном из международных саммитов по молочному делу — тратите доллар на переработку, предусмотрите три для обеспечения использования полученной продукции и продвижения товара на рынок.

Для примера сошлемся на опубликованное («Переработка молока», № 12, 2010, стр. 36–37) мнение Андрея Соллогуба — главы представительства компании «Альпма» в странах СНГ. После Чернобыльской аварии в Германии получило распространение мнение о вреде продуктов из молочной сыворотки, поскольку они якобы накапливают радионуклиды, что принципиально неверно. Для реабилитации этой группы продуктов Правительство страны совместно с Немецким сельскохозяйственным обществом (*DLG*) разработало и реализовало обширную программу по поддержке потребления продуктов из молочной сыворотки (телевидение, проспекты, раздача образцов в магазинах и т. д.). Это восстановило истину и расширило популярность продукции. Кстати, в Германии в 2001 г. состоялась очередная Международная конференция по молочной сыворотке, что также работало на ее продвижение.

Даже в условиях нестабильности и кризисных явлений на вопрос, что делать, имеется оригинальный ответ, озвученный в журнале «Переработка молока», № 5 (115), 2009 г., с. 8: «Нужно сохранять банки, научиться делать сыр и обязательно пить молочную сыворотку!».

В соответствии с принципами логистики рассмотрим первую составляющую полного и рационального использования молочной сыворотки — переработку, которая в настоящее время включает три сформировавшиеся направления:

- получение всех компонентов молочной сыворотки в комплексе;
- извлечение отдельных компонентов;
- синтез производных компонентов.

Кратко остановимся на возможных вариантах, в плане их инновационной альтернативности, реализации каждого направления (положения).

Получение всех компонентов молочной сыворотки в комплексе

Данное направление включает технологически три ассортиментных группы: напитки, сгущенные и сухие концентраты.

Напитки из молочной сыворотки и на ее основе насчитывают сотни наименований и имеют тенденцию к постоянному расширению. В обобщенном виде проблема была рассмотрена В. Е. Жидковым. Многолетняя практика выпуска напитков из молочной сыворотки на молочном комбинате «Ставропольский» на уровне 15 т/сутки породила шутку: «ради сыворотки питьевой делаем творог». К тому же следует заметить, что:

- творожная сыворотка самой технологией получения предназначена для изготовления освежающего питья и тоника;
- биопотенциал подсырной сыворотки, по мнению известного микробиолога А. В. Гудкова, пока не оценен и не использован;
- сезоны получения молочной сыворотки и потребления напитков совпадают.

Нам представляется, что при правильно поставленной рекламе и достойном бренде, с современной упаковкой, напитки из молочной сыворотки и на ее основе, в том числе традиционные для нашей страны квасы, кисели и др., могут найти свою нишу, достойную ценности исходного, природой данного сырья. Системная проработка этого вопроса на современном уровне в ВИТА (Е. И. Мельникова) и Кем ТИПП — школа Л. А. Остроумова (А. Ю. Просеков,

А. М. Попов, С. Г. Козлов и др.) подтверждают эти положения. Поле деятельности по тематике бесконечно. Из зарубежных разработок можно привести пример «Ривеллы» (красная, синяя и зеленая), история этого напитка насчитывает более 50 лет.

Сгущенные концентраты молочной сыворотки известны и востребованны. Ассортимент включает альтернативу по сухим веществам (от 11 до 90 % сухих веществ), деминерализованную и делактозировавшую; с наполнителями и производными детерминации лактозы, а так же протеолизом сывороточных белков. Теоретически просится в жизнь технология концентрата для длительного хранения в силотанках и перевозки в цистернах, а так же блочная с промежуточной влажностью. Оптимум пока не найден.

Сухие концентраты молочной сыворотки востребованны в последнее время, особенно с направленной деминерализацией, делактозированием, окатыванием и гранулированием. Весь «молочный мир», в том числе в России, проявляет к этому продукту повышенный интерес, что оправданно. Например, трест «Южный сахар» на Кубани по инициативе ген. директора Е. Н. Хворостина реализовал с творческим коллективом международной лаборатории при СевКавГТУ (проф. И. А. Евдокимов) и чешской фирмой «МЕГА» (президент Л. Новак) инновационный проект по производству сухой деминерализованной сыворотки с централизованным ее завозом с сыродельных заводов (более 300 т в сутки). Продукт востребован. Имеются и другие позитивные примеры, которые могут быть тиражированы. Например, Гиангинский сырзавод в республике Адыгея (ген. директор С. У. Гусейнов), использующий сушилки Калиновского машиностроительного завода (Украина). В этих случаях можно утверждать, что «отходы превращаются в доход», исключаются вопросы загрязнения окружающей среды и реализуется законченный технологический цикл. Проблема заключается в энергозатратах и объемах. Ее решение содержится в оригинальных разработках ООО «ВЗДУХОТОРГ» (Словакия, директор Павел Мертин) и ВНИМИ (школа академика В. Д. Харитоновой).

Извлечение отдельных компонентов из молочной сыворотки

Исходя из компонентного состава молочной сыворотки, логичным представляется получение их в виде продуктов, что достаточно хорошо отработано на практике. Исторически молочную сыворотку, особенно подсырную, от производства жирных белковых продуктов сепарируют для извлечения молочного жира в виде т. н. «подсырных сливок». Процесс отработан. Естественно, до извлечения жира (процесс разделения) из сыворотки необходимо удалить т. н. «казеиновую пыль» — (процесс осветления), что достигается отстаем, фильтрацией или центрифугированием в совмещенных пакетах тарелок сепаратора. Микрофильтрация и ультрафильтрация революционизировали процессы выделения «казеиновой пыли» и молочного жира из сыворотки.

Следующий компонент молочной сыворотки, логически привлекающий внимание практики, — комплекс сывороточных белков, минорные фракции которых насчитывают более 10 наименований и постоянно пополняются. Их извлечение в комплексе тепловой денатурацией, ультрафильтрацией, сорбцией-десорбцией и др. способами отработано и реализовано. Особый интерес представляет перспектива селективного выделения белков с получением отдельных фракций — альбуминов, лактоферрина, ангиогенина, *L*-карнитина и др. Альтернативным вариантом, возможно, будет являться совместное извлечение «казеиновой пыли», молочного жира и сывороточных белков в виде продукта «ЛипКА» (липиды — казеин — альбумин), разработанного в СевКавГТУ.

Далее (по существующей иерархии технологии) следует извлечение лактозы в виде молочного сахара различных видов (сырец, пищевой, рафинированный) и качества. Это главный компонент молочной сыворотки (лактозосодержащего сырья), проблематика которого рассмотрена на саммите ММФ, а также в специальной монографии «Лактоза и ее производ-

ные». Мы предвидим проект «Эколакт» по безреагентной технологии извлечения аномеров лактозы на принципах биотехнологии.

Что касается минерального комплекса, БАВ, в т. ч. бактериального пула, и воды молочной сыворотки, их извлечение в виде коммерческих продуктов, по нашему мнению, является перспективным и ждет своего решения. Особый интерес представляет биологически синтезированная вода молочной сыворотки, которая пока, в лучшем случае, рассматривается как техническая. Это же можно отнести к бактериоцинам (в 100 л сыворотки как в ЖКТ человека), витаминам, пептидам и аминокислотам. Поле для поиска и реализации бесконечно.

Синтез производных компонентов молочной сыворотки

Пока это формирующееся направление известно под брендом «Лактулоза и биопроизводные (этанол, молочная кислота)». В принципе, логически, в соответствии с определением академика Н. Н. Липатова «Молочная сыворотка — универсальное сырье» она должна рассматриваться как идеальная композиция для биотрансформации в производные — углеводные и азотсодержащие. Именно на лактозе молочного сырья были синтезированы первые антибиотики, поставлены и решены проблемы лак-оперона (с вручением Нобелевской премии). Следует помнить, что «Этюды оптимизма» И. И. Мечникова в плане продления жизни человека были связаны с «кислым молоком — молочным бродилом», т. е. с лактозой (ее брожением с болгарской палочкой в йогурте).

Теоретически, в соответствии с принципами генной инженерии, возможен синтез производных компонентов молочной сыворотки на основе липидомики (молочного жира), протеомики (белки) и лактомики (лактозы). На практике, в настоящее время, отработаны процессы протеолиза сывороточных белков и детерминации аномеров лактозы. Например, Ю. Я. Свириденко с сотр. (ВНИИМС) предлагает линейку гидролизатов сывороточных белков и глюкозо-галактозных сиропов. Отработан регламент получения лактулозы. За рубежом уже давно известны «Санбол» и «Нормазе». Сделана попытка систематизации производных лактозы. Кроме гидролизатов лактозы и лактулозы ждут своей очереди лактитол, лактосахароза, галактоолигосахариды (ГОС) и еще десятки необходимых и востребованных изомеров, бактериоцинов и биогенных элисторов. В целом проблема синтеза производных компонентов молочного сырья, в т. ч. из молочной сыворотки, ждет целенаправленной проработки и оптимального решения, применительно к условиям рыночной экономики и медико-биологических аспектов. Именно здесь нужны инновации и возможны прорывы на уровне нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий. Это относится к биочипам для ЭВМ и нанотрубкам из кластеров сывороточных белков. Молочная сыворотка является идеальной средой для жизнедеятельности пробиотиков, и в этой парадигме возможен пересмотр всей концепции получения кисломолочных продуктов. Она же является исходным сырьем для синтеза пребиотиков, например, лактулозы. Естественно на основе молочной сыворотки возможна реализация принципов биотехнологии синбиотиков. В жизнь просится бренд «МиЛа» (минимум лактозы) и процесс «МИГ» — мутаротация, изомеризация, гидролиз с получением семейства углеводных модулей «Полилакт». В качестве примера для практической реализации, как продукт нового поколения — пребиотик, может быть рекомендован «Лактобел», а также многочисленные оригинальные продукты — «Цикола», «Тодикамп-лакт» и др., разработанные творческим коллективом академика РАСХН И. Ф. Горлова (Волгоград). На этой же теоретической предпосылке реализована оригинальная технология нового поколения кормовых добавок из молочной сыворотки — «БИКОДО», «БИКОДО+», «Профилактик» и др.

Для реализации первой составляющей — переработки по альтернативным направлениям и конкретным продуктам из молочной сыворотки, безусловно, необходим комплекс мероприятий по созданию мощностей, в т. ч. по аппаратурному оформлению (отдельная проблема), кадровому обеспечению, маркетингу и менеджменту. Все эти вопросы требуют специального

рассмотрения. В системном виде для обучающихся и профессионалов данная проблематика освещена в достаточно широком спектре публикаций издательствами «КолосС», «ДеЛи-принт», ГИОРД, «Профессия» и на региональном уровне (Ставрополь, Кузбасс, Новосибирск, Омск и др.). В портфеле проектов по информационному обеспечению проблемы видится серия статей в отраслевых журналах и брошюр (книг), освещающих все аспекты переработки молочной сыворотки на современном этапе. Нужен спонсор для продвижения проектов в жизнь.

В целом любое из трех направлений промышленной переработки молочной сыворотки позволяет реализовать концепцию безотходной технологии по законченному технологическому циклу, что в принципе может являться основой модернизацией молочного дела.

Вторая составляющая инновационных приоритетов — использование получаемых продуктов, которое так же как и переработка, имеет три направления:

- использование продуктов в пищевых целях;
- использование продуктов в кормовых средствах;
- использование продуктов в технических полуфабрикатах.

Применение продуктов из и на основе молочной сыворотки, ее компонентов и их производных непосредственно в пищу (напитки, сыры и др.) или в качестве компонентов рецептур (добавки) общеизвестно и по нашему мнению может обеспечить аналогично лактозе и ее производным лакто-ланч (завтрак, обед, ужин), лакто-день и даже лакто-жизнь. Особый интерес к молочной сыворотке вообще, в том числе к ее азотсодержащим соединениям (белкам) проявляют спортсмены и долгожители. При этом специально не затрагивается проблема применения молочной сыворотки, ее компонентов и их производных в лечебных целях, как специфическая.

Все перечисленные группы продуктов (жидкие, сгущенные, сухие), специально приготовленные кормовые средства, прежде всего ЗЦМ, а также оригинальные кормовые добавки БИКОДО, «Профилактик», «Лактокорм» и др., могут обеспечить реализацию концепции функционального кормления (питание) сельскохозяйственных животных и птицы. Таким образом, отрасль реально может способствовать развитию сырьевой базы в соответствии с национальными проектами (программами) АПК в области животноводства.

Техническое применение продуктов из молочной сыворотки известно — строительство, полив и защита растений, а также возможные перспективы — биочипы, биотопливо (этанол, метан) и др. возможные, экономически выгодные (лучше не в ущерб первым двум направлениям) пути полного и рационального использования специально получаемой продукции.

Следует обратить особое внимание на экологическую составляющую целесообразности организации промышленной переработки молочной сыворотки — исключение загрязнения водоемов, «стопора» аэротенков и исключения штрафов.

В принципе промышленная переработка молочной сыворотки — одна из самых благодатных и даже благородных сторон инновационной деятельности молочного дела должна поддерживаться (финансироваться) государством, например, на уровне президентской программы «Хлеб с молоком (сывороткой)» или системы кормовых добавок нового поколения. Реализация 13 теорем акад. РАН Р.И. Нигматулина и проф. Б.И. Нигматулина («Московский Комсомолец», 05.08.2009) применительно к молочной сыворотке в общем плане позволяет снизить напряженность кризисных явлений и обеспечить модернизацию молочного дела России с реализацией законченного технологического цикла, в соответствии с грантом Президента Российской Федерации НШ 7510.2010.4 по государственной поддержке ведущих научных школ. На международном уровне проблема молочной сыворотки получила признание в виде специальных конференций. Очередная – Шестая Международная конференция по молочной сыворотке состоится 18–21 сентября 2011 г. в США (Чикаго, штат Иллинойс). Девиз (бренд) конференции можно перевести на русский язык как «Энергия сыворотки — натуральность, питательность, функциональность», что полностью созвучно с текстом настоящей монографии». Хотелось бы надеяться, с учетом интереса мировой общественности по проблематике моногра-

фии в виде доброго пожелания генерального директора Европейской ассоциации переработчиков сыворотки (*EWPA*) г-на Клибукера, на активное участие представителей нашей страны.

В целом, необходимо констатировать, в том числе фактом выхода в свет данной монографии, что наконец-то проблема молочной сыворотки получает не только внимание одиночек-энтузиастов, к которым принадлежали наши предшественники М. С. Коваленко, А. А. Розанов и многие другие, но и реальное воплощение в виде производства напитков, сгущенных и сухих концентратов, сиропов лактулозы с их реализацией в продукты питания и кормовые средства нового поколения. Нам остается только надеяться, что инновационные предложения, в т. ч. изложенные в 22 главах настоящего издания, как информационное обеспечение приоритетов, найдут понимание и воплощение в отрасли. Проблематика по молочной сыворотке заслуживает своего места в наукограде Сколково. Кстати, в свое время из «Кремниевой долины» США через АН СССР был проявлен интерес к нашей публикации по феномену защиты фракций при коагуляции белков подсырной сыворотки. Этот феномен также ждет своего изучения.

**Активная работа по тематике монографии продолжается.
Найденное сокровище, молочная сыворотка, достойна
внимания профессионалов. Все возникающие вопросы
и предложения просьба направлять в издательство.**

Сводный систематизированный список использованной в монографии литературы (1053 источника) имеется в редакции и у автора.

Девиз и резюме автора

«Я полон млека доброты людской»
(В. Шекспир)

Храмцов Андрей Георгиевич, 1936 г.р. Закончил Омский сельхозинститут (1959 г.). Обучался в аспирантуре Ленинградского технологического института холодильной промышленности. Инженер-технолог молочной промышленности, доктор технических наук, профессор, действительный член (академик) Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, почетный профессор СевКавГТУ, изобретатель СССР.

Трудовая деятельность:

1954–1955 — колхозник колхоза им. Ворошилова, Омская область;

1959–1964 — главный инженер молочных предприятий, Алтайский край;

1965–1978 — научный сотрудник (зав. лаб., директор филиала) ВНИИ маслоделия и сыроделия Минмясомолпрома СССР;

1978–1998 — преподаватель (зав. кафедрой) ВУЗов. С 1998 г. профессор-консультант Северо-Кавказского государственного технического университета (СевКавГТУ, г. Ставрополь).

Научное направление: Инновационные технологии безотходной переработки сельскохозяйственного сырья на примере молочного дела в продукты питания и кормовые средства нового поколения.

Научная деятельность: Научное, кадровое и информационное обеспечение национальных проектов в области образования, развития АПК и медицины; безотходная переработка кластеров сельскохозяйственного сырья нанобиомембранными способами в продукты функционального питания: про-, пре- и синбиотики (биопродукты). Руководитель научного направления «Живые Системы» СевКавГТУ; научный руководитель НИИ Биотехнологии продуктов питания СевКавГТУ и СКО РАТН, член проблемно-координационного совета СКО Россельхозакадемии по биотехнологии, председатель докторского диссертационного совета при СевКавГТУ (прикладная биотехнология), член докторского диссертационного совета при СтНИИЖК (животноводство).

Общественная научная деятельность: член Национального Комитета ММФ СССР (1965–1991) и РФ (после 2001 г.); член редколлегии: журналов — «Молочная промышленность», «Известия ВУЗов. Пищевая технология», «Хранение и переработка сельхозсырья», «НаукаПарк» и научных трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие».

Научные результаты: список научных трудов — более 1000 наименований (в т.ч. в соавторстве), из них более 50 книжных изданий и 80 изобретений (патентов). Основные публикации: «Молочный сахар» — три издания, 1972 и 1989 гг., 2004 г. (в соавторстве); «Молочная сыворотка» — три издания, 1978 и 1990 гг., 2003 г. (в соавторстве); «Безотходная технология в молочной промышленности», 1990 г. (в соавторстве); справочник «Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки», 2004 г. (в соавторстве); монография «Лактоза и ее производные», 2007 г. (в соавторстве). Подготовлено 40 канд. и 10 докт. наук.

Награды и признание: Орден «Знак Почета», три медали за доблестный труд, знак «Заслуженный деятель науки РФ», премия Правительства РФ в области науки и техники (2002 г.), медали и дипломы ВВЦ и салонов инноваций; почетный профессор СевКавГТУ; номинант справочников: «Выдающиеся ученые мира» Кембриджского международного биографического центра (1996 г.), «2000 выдающихся имен XX века» (1997 г.), «5000 мировых имен» (1998 г.), «Золотые циклы России» (1999 г.), «Лучшие люди России» (2004 г.). **Ветеран труда.**

Технология и оборудование для сушки молока и сыворотки фирмы «ВЗДУХОТОРГ»

Несмотря на то, что распылительная сушка является одним из наиболее энергоемких процессов, используемых в молочной промышленности, альтернативы ее применения для производства сухих молочных продуктов пока нет. Это обусловлено высокими требованиями к качеству вырабатываемых продуктов. В технике и технологии распылительной сушки молочных продуктов наиболее принципиальные изменения произошли в середине 1970-х – начале 1980-х годов (широкое внедрение процесса многостадийной сушки, досушка продукта в кипящем слое непосредственно в сушильной камере, внедрение аппаратов для агломерации частиц и получения быстрорастворимых продуктов и т. д.).

На перерабатывающих молочных предприятиях Российской Федерации находится в эксплуатации более 120 распылительных сушильных установок производительностью 500 и 1000 кг испаренной влаги в час, поставленных до 1990 г. чехословацким предприятием «ВЗДУХОТЕХНИКА». Эти сушилки используются для получения сухих молочных продуктов, в том числе сухого цельного молока, сухого обезжиренного молока, продуктов детского питания, сухой сыворотки, заменителей цельного молока и т.п.

Являясь прямым преемником предприятия «ВЗДУХОТЕХНИКА», словацкая фирма «ВЗДУХОТОРГ» осуществляет обследование ранее поставленного сушильного оборудования, его сервисное обслуживание, реконструкцию и модернизацию. Указанные работы фирма «ВЗДУХОТОРГ» проводит и в отношении находящегося в эксплуатации сушильного и вакуум-выпарного оборудования других фирм (сушилки А1-ОРЧ, А1-ОР2Ч, НЕМА, ЦТ, ЦАН, вакуум-аппараты ВИГАНД).

В последние два десятилетия фирмой «ВЗДУХОТОРГ» разработан параметрический ряд современных сушильных комплексов типа VR производительностью от 10 до 2 000 кг испаренной влаги в час, отличающихся сравнительно малым энергопотреблением и предназначенных для получения практически любых сухих молочных продуктов самого высокого качества. Функционально сушильные установки состоят из следующих элементов: система фильтрации и нагрева сушильного агента (воздуха), система подачи сгущенного продукта на сушку, сушильная камера, система очистки отработанного воздуха, система сбора и расфасовки продукта, система CIP-мойки, система пожаротушения. Кроме того, для повышения экономических показателей процесса сушки и улучшения качества готового продукта, сушильные установки могут дополнительно комплектоваться аппаратами для досушки и охлаждения продукта, системой бункерного хранения, системой смешивания сухих продуктов и расфасовки в потребительскую тару, системой полной очистки отработанного воздуха и т. д.

Для нагрева сушильного и технологического воздуха сушильные комплексы могут быть укомплектованы электрическими, паровыми, газовыми калориферами или их комбинацией, в зависимости от наличия энергоносителей и желания заказчика.

Сушильные установки VRA построены по наиболее простой схеме, не имеют флюидного дна, систем досушки и охлаждения продукта, и, следовательно, являются самыми дешевыми.

Установки оснащены дисковым распылителем. Предназначены для сушки обезжиренного молока, меланжа и т. п.

Сушильные установки VRC имеют флюидное дно, систему охлаждения продукта. Установки оснащены дисковым распылителем. Предназначены для сушки цельного и обезжиренного молока, сыворотки, ЗЦМ и т. п.

Сушильные установки VRD отличаются от сушилок VRC конструкцией сушильной камеры и наличием форсуночного распылителя. Существует возможность установки дискового распылителя вместо форсуночного. Предназначены для сушки особо вязких продуктов, например, белковых и белково-жировых концентратов, продуктов с высоким содержанием жира. Применимы для сушки любых других молочных продуктов.

Характеристики сушильных установок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование параметра	VRA-02	VRA-05, VRC-05	VRA-1, VRC-1, VRD-1	VRA-2, VRC-2, VRD-2	VRA-3, VRC-3, VRD-3	VRA-4, VRC-4, VRD-4	VRA-5, VRC-5, VRD-5	VRA-6, VRC-6, VRD-6
Расход сгущенного продукта на входе, кг/ч	38	96	192	576	979	2208	2880	3840
Производительность сушилки по испаренной влаге, кг/ч	20	50	100	300	510	1150	1500	2000
Производительность сушилки по готовому продукту, кг/ч	18	46	92	276	469	1058	1308	1840

Примечание: массовая доля сухих веществ в сгущенном продукте — 48%;
массовая доля влаги в готовом продукте — 4%;
температура воздуха на входе в сушильную камеру — 180–200 °С.

Фирма производит проектные, шеф-монтажные, пуско-наладочные работы и сдачу оборудования «под ключ». Специалисты фирмы осуществляют также обучение обслуживающего персонала и техническую помощь.

Обязательным условием технологии производства большинства сухих молочных продуктов является предварительное сгущение продукта перед сушкой. Это необходимо, во-первых, для того, чтобы переложить часть затрат энергии по удалению влаги из продукта на более эффективный процесс — вакуум-выпаривание, а, во-вторых, для получения конечного продукта более высокого качества. Последнее обстоятельство связано с тем, что при распылении не сгущенного заранее продукта образуется большое количество мелких частиц, которые склонны пересыхать, а также уносятся с отработанным воздухом.

подавляющее число находящихся на российских предприятиях вакуум-аппаратов составляют циркуляционные вакуум-аппараты типа ВИГАНД. Эти аппараты характеризуются высоким потреблением пара и негативным влиянием на качество готового продукта, главным образом, ввиду длительного термического воздействия.

Фирма «ВЗДУХОТОРГ» проводит модернизацию этих аппаратов или их замену на аппараты с падающей пленкой. Данные, свидетельствующие о целесообразности такой замены приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование параметров	Циркуляционный		С падающей пленкой		
	Типа ВИГАНД	Типа ВИГАНД, модернизированный	С термо-компрессией, 2-ступенчатый	С термо-компрессией, 3-ступенчатый	Механическая компрессия, 1-ступенчатый
Удельный расход пара на кг испаренной влаги, кг/кг	0,39	0,29	0,26	0,20	0,02
Давление пара, бар	8	6...8	8	8	8
Установленная мощность электроприемников, кВт	9	20	20	28	120
Расход охлаждающей воды, кг/ч	80	80	54	45	8

Примечание: количество продукта на входе — 10 200 кг/ч;
 массовая доля сухих веществ в продукте на входе — 9%;
 массовая доля сухих веществ в продукте на выходе — 46%.

Из таблицы видно, что в случае применения вакуум-аппаратов с механической компрессией необходимость использования пара сведена практически к нулю. Это позволяет полностью отказаться от централизованной поставки пара при оснащении сушильной установки газовым калорифером.

В тесном сотрудничестве с ГНУ ВНИМИ (академик В.Д. Харитонов, к.т.н. Ю.И. Филатов, к.т.н. П.В. Кузнецов) и СевКавГТУ (академик А.Г. Храмцов, академик И.А. Евдокимов) фирмой разработана технология крупнотоннажного производства сухой молочной сыворотки (подсырной, творожной и казеиновой) и создан параметрический ряд оборудования. Проблема переработки сыворотки стояла и постоянно стоит перед молочной отраслью. Разрешение этой проблемы представляется возможным лишь на региональном уровне путем организации централизованного сбора различных видов сыворотки у производителей творога, сыров и казеина и полной ее переработки на крупных региональных предприятиях.

Оптимизированный комплексный вариант такого производства успешно реализуется фирмой в России и Беларуси. Производства предназначены для выработки гаммы продуктов на основе лактозы и сывороточных белков, а также сухой сыворотки, сывороточно-жировых концентратов и ЗЦМ.

Павел Мертин, директор ООО «ВЗДУХОТОРГ»

Trencianska, 17 915 01, Nove Mesto nad Vahom, SR

Tel.: (1042132) 7462111; fax: (1042132) 7716170

E-mail: vzduchotorg@vzduchotorg.sk

Московское представительство:

115093, Москва, ул. Люсиновская, 35, к. 611

Тел./факс: (499) 237-00-33

E-mail: vztm@rambler.ru

Андрей Георгиевич Храмцов

Феномен молочной сыворотки

ISBN 978-5-904757-18-2



9 785904 757182 >

ИД «Профессия»
Санкт-Петербург, 191002, а/я 600
Тел./факс (812) 740-12-60
URL: www.professija.ru
E-mail: bookpost@professija.ru

Подписано к печати 11.04.2011
Формат 70×100 1/16. Усл. печ. л. 50,25
Бумага офсетная. Заказ № 74.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в типографии ООО "ИПК Бионт"
г. Санкт-Петербург, Средний пр., дом 86
Тел.: (812) 322-68-43

R3

**VZDUCHOTORG**www.vzduchotorg.sk

СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ VR

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ СУХИХ ПРОДУКТОВ



ООО «ВЗДУХОТОРГ»
Тренчанска 17
915 01 Нове Место над Вагом
СЛОВАКИЯ

tel: +421 32771 7780, +421 32771 5085
fax: +421 32771 6170
e-mail: vzduchotorg@vzduchotorg.sk
www.vzduchotorg.sk